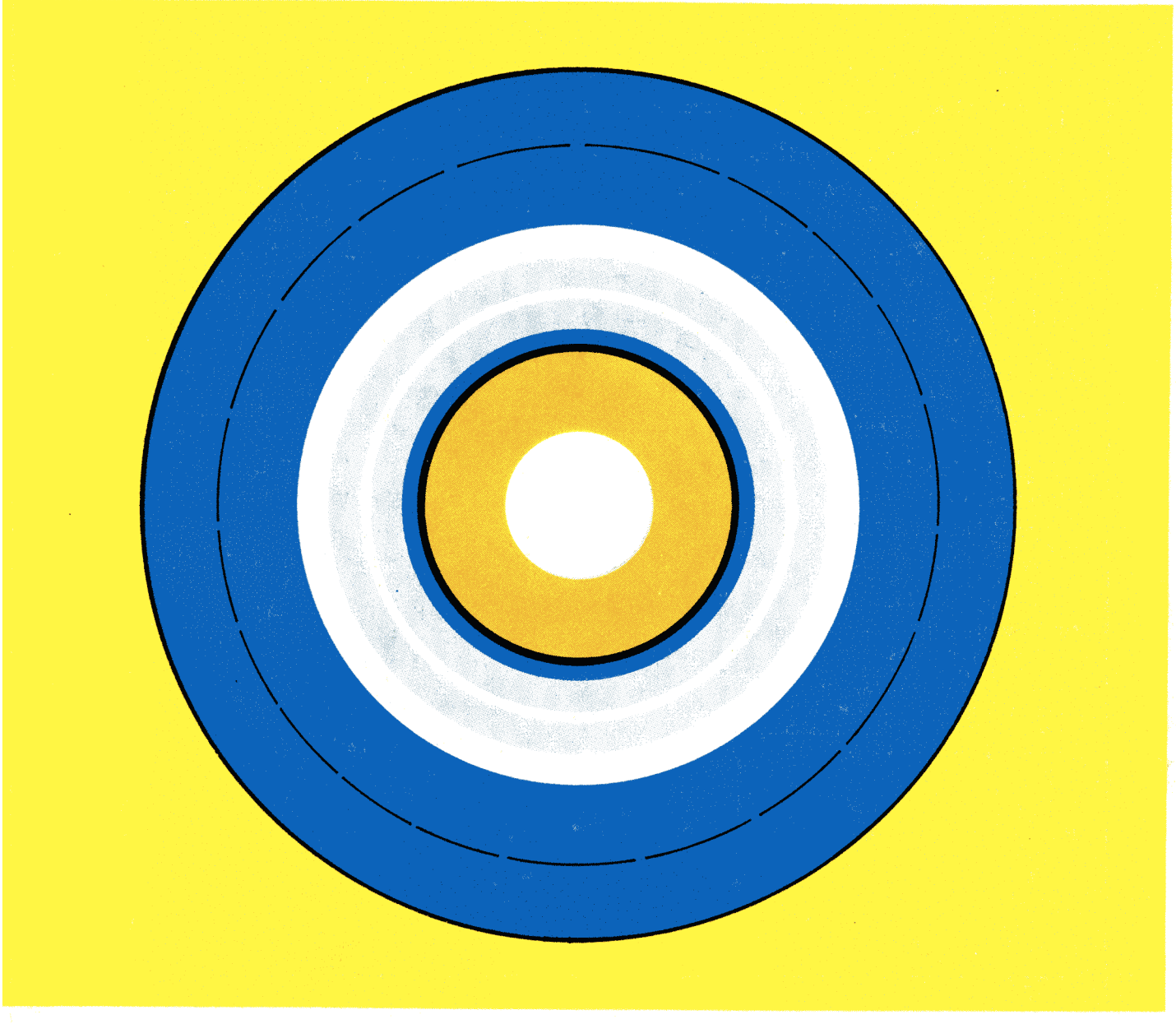
JJE
JJM

Abteilung Elektro
31. AUG 1982
608
Betrieb

8 1982 msr

messen • steuern • regeln



25. Jahrgang
Heft 8
August 1982

Verlagspostamt Leipzig
EVP: 4,00 M

Index 32525
ISSN 0026-0347

VEB
Verlag Technik
Berlin

Neuerscheinungen

Mikroprozessortechnik

Aufbau und Anwendung des Mikroprozessorsystems U880

Von Dipl.-Ing. Heiko Kieser und Dr.-Ing. Michael Meder

Etwa 360 Seiten, 157 Bilder, 64 Tafeln, Leinen, 36,— M, Ausland 48,— M.
Bestellangaben: 5530945/Kieser, Mikroprozessor

Das Buch beinhaltet neben den einführenden und systembeschreibenden Abschnitten weitreichende applikative Untersuchungen am Prozessorsystem, die Darstellung der Verfahrensweise bei der Softwareerstellung sowie eine Vielzahl praktischer Anwendungsbeispiele. Die konsequente Angabe von detaillierten Schaltplänen, Impulsdiagrammen, Flußbildern und Programmbeispielen erleichtert hierbei erheblich das Verständnis des dargelegten Stoffes.

Digitale Schaltungen und Schaltkreise

Von Prof. Dr.-Ing. Manfred Seifart

Reihe Elektronische Festkörperbauelemente.

Etwa 530 Seiten, 367 Bilder, 99 Tafeln, Kunstleder, 38,— M, Ausland etwa 48,— M.
Bestellangaben: 5529549/Seifart, Digitale Schalt.

Behandelt werden die mikroelektronischen Realisierungen digitaler Funktionen. Der Autor hat es sich zur Aufgabe gemacht, zu beschreiben, wie digitale Schaltungen und Systeme arbeiten. Darüber hinaus bietet das Buch einen Überblick über das verfügbare Schaltkreissortiment und dessen Leistungsmerkmale und Anwendungsmöglichkeiten.

Probleme der Festkörperelektronik Band 12

Von einem Autorenkollektiv. Herausgegeben vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)

Etwa 180 Seiten, 74 Bilder, 10 Tafeln, Broschur, 22,— M. in Vorbereitung für November.
Bestellangaben: 5529506/Festkörper 12

Der vorliegende Band befaßt sich ausschließlich mit Problemen der Mikroelektronik bzw. Mikrorechentechnik. Die Komplexität der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente spiegelt sich im Inhalt dieses Bandes wider. Die Themen reichen vom Entwurf über technologische und prüftechnische Probleme bis zur Applikation. Jeder Beitrag enthält neben einer Kurzfassung in deutscher, englischer und russischer Sprache ein reichhaltiges Literaturverzeichnis.

TECHNIK-WÖRTERBUCH

Polytechnisches Wörterbuch

Deutsch—Vietnamesisch

Zusammengestellt von Tran Duy Tu, Pham Minh Tan und Gerda Tran.

502 Seiten, Kunstleder, 32,— M.
Bestellangaben: 5529725/Tran, Polyt. Wb. D—Vietn.

Mit etwa 38000 Wortstellen aus allen technischen Gebieten einschließlich der für die Technik wichtigen Begriffe aus den naturwissenschaftlichen Fächern.

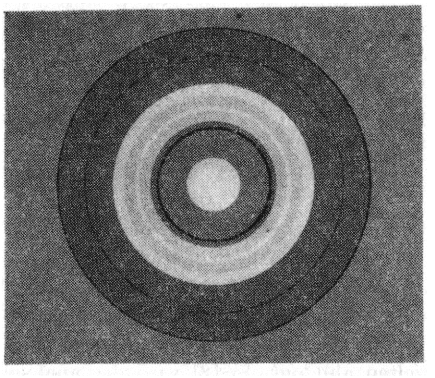
Im Fachbuchhandel erhältlich

VT

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

msr
messen · steuern · regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik



Ein handelsübliches Pt-Widerstandsthermometer stellt mit seinen zahlreichen, konzentrisch angeordneten, unterschiedlichen Material- und Stoffschichten, wie es im Bild schematisch dargestellt ist, einen inhomogenen, geschichteten Körper dar. Die Berechnung des Temperaturübergangsverhaltens eines solchen Gebildes auf analytischem Wege führt in der Regel zu einer Vielzahl komplizierter Lösungsgleichungen.
Der Beitrag auf S. 434 gibt Lösungsalgorithmen zu diesem Problem unter Zuhilfenahme elektro-thermischer Analogiebeziehungen zu RC-Ketten an, die es gestatten, mit ausreichender Näherung das dynamische Verhalten mehrschichtiger (inhomogener) zylindrischer Berührungsthermometer zu berechnen.

Titelgrafik: *G. Schwesinger*

Herausgeber:

Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:

Obering. G. F. Berg, Dr. rer. nat. A. Borgwardt, Dr.-Ing. E. h. W. Britall, Prof. Dr.-Ing. W. Fritzsch, Doz. Dr.-Ing. H. Fuchs, Dr. rer. nat. H. Gena, Dipl.-Ing. H. Gottschalk, Dr.-Ing. K. Hilscher, Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hofmann, Dipl.-Ing. K. Keller, Prof. em. Dr. phil. nat. Dr.-Ing. E. h. H. Kindler, Dipl.-Phys. G. Meister, Dr.-Ing. J. Müller, Prof. Dr. sc. techn. R. Müller, Obering. K.-H. Nagel, Prof. Dr.-Ing. S. Pilz, Dr.-Ing. W. Reichel, Prof. Dr. sc. techn. K. Reinisch, Dr.-Ing. H. Schulze, Prof. Dr.-Ing. H. Töpfer, Prof. Dr. sc. oec. G. Viehweger

8
25. Jahrgang
August 1982

VEB
VERLAG TECHNIK

AUFSÄTZE

ISSN 0026-0347

422 *U. Draeger* und *N. Ahlbehrendt*
Geschwindigkeitsregelung durch Schätzung des Taktes einer additiv verrauschten Mäanderfolge

427 *H. Buchta* und *B. Behrens*
Parameterschätzung bei nichtlinearen statischen Modellen mit impliziter Struktur

431 *J. Wede* und *D. Werner*
Entkopplung von nicht selektiv meßbaren Prozeßgrößen unter Verwendung eines optimalen Versuchsplanes am Beispiel eines reduktiven Kupferbades (Teil II)

434 *F. Bernhard* und *G. Noack*
Berechnung des Temperatur-Übergangsverhaltens einfacher, inhomogener Körper

439 *K. Sommer* und *D. Heinze*
Prinzip der geheizten Taupunktmeßfühler und deren Realisierungsmöglichkeiten

444 *D. Schwadtke* und *W.-W. Platz*
Betrachtungen zur Methodik der Zuverlässigkeitsarbeit an der Automatisierungstechnik der 500-MW-Blockeinheiten

450 *H.-B. Bemmann*
Anwendung der diskreten Zeitsimulation zur Berechnung der Zuverlässigkeit komplizierter Systeme

453 **Programmierbare nichtnumerische Steuerungen (XIX)**

455 **AUS DER ARBEIT DER WGMA**

456 **TAGUNGEN UND KOLLOQUIEN**

459 **DISSERTATIONEN**

461 **PERSÖNLICHES**

461 **MESSEN UND AUSSTELLUNGEN**

473 **BUCHBESPRECHUNGEN**

476 **VORSCHAU UND KURZINFORMATIONEN**

3. US **NEUE BÜCHER AUS DER UDSSR**

Dr. rer. nat. *U. Draeger* und Dr. rer. nat. *N. Ahlbehrendt*, Berlin[1])

Geschwindigkeitsregelung durch Schätzung des Taktes einer additiv verrauschten Mäanderfolge

IA 2.3.1.0.

0. Einleitung

Ein in der Regelungstechnik häufig auftretendes Problem ist das der Geschwindigkeitsregelung, wobei nur Zeitpunkte t_k gemessen werden können, zu denen das bewegte Objekt eine Meßeinrichtung passiert. Beispielsweise sind die t_k die Zeiten, zu denen auf einer mit dem Motor starr verbundenen Tachometerscheibe konzentrisch angebrachte Löcher eine Lichtschranke passieren oder die Zeiten, zu denen bei einem linearen Vortrieb das bewegte Objekt äquidistant auf einer Achse angebrachte Markierungen passiert. Es stellt sich die Aufgabe, aus diesen Meßwerten die mittlere Geschwindigkeit bzw. die Momentangeschwindigkeit zu schätzen, wobei berücksichtigt werden muß, daß die t_k i. allg. nicht rauschfrei gemessen werden können. Das Problem ist optimal unter Zugrundelegung eines Rauschmodells in [1] behandelt worden. Es sei die Aufgabe gestellt, unter Verzicht auf Optimalität und auf Angabe eines Rauschmodells das Schätzproblem möglichst aufwandsarm unter sehr allgemeinen Annahmen über die zulässigen Geschwindigkeitsschwankungen zu lösen.

Dazu sei bemerkt, daß das Problem der Geschwindigkeitsregelung auf das Problem der Regelung des Taktes einer Mäanderfolge zurückgeführt werden kann, wenn die Mäanderfolge dadurch erzeugt wird, daß zu den Zeitpunkten t_k von einen auf den anderen von zwei möglichen Zuständen einer physikalischen Größe umgeschaltet wird. Die entsprechenden Weglängen, in den obigen Beispielen die Abstände zwischen den Löchern der Tachometerscheibe bzw. den Achsenmarkierungen beim linearen Vortrieb, müssen natürlich bekannt sein.

Bei der Informationsspeicherung auf elastischen, bewegten Trägern (Magnetband) kann die Mäanderfolge direkt auf eine zusätzlich auf den Träger aufgebrachte Pilotspur mit konstanter Bitlänge aufgezeichnet werden. Die bei der Abtastung der Pilotspur registrierten Bitlängenschwankungen entsprechen den Geschwindigkeitsschwankungen des Informationsträgers. Aus den (i. allg. verrauschten) Messungen der Bitübergangszeiten kann die Bitlänge und damit die Geschwindigkeit des Informationsträgers geschätzt werden. Die für die Regelung benötigten Meßwerte werden hierbei direkt am zu regelnden Objekt abgenommen. Das ist ein Vorteil gegenüber anderen Verfahren, bei denen beispielsweise die Geschwindigkeit des Antriebsmotors gemessen wird.

Im Beitrag wird das Problem der Schätzung des Taktes einer additiv verrauschten Mäanderfolge behandelt und ein einfacher Algorithmus für die Regelung des Taktes einer Mäanderfolge mit stochastisch schwankender Bitlänge angegeben. Die Mäanderfolge sei beschrieben durch

$$y(t) = \sum_k (-1)^k a_0 s_k(t) + n(t) . \tag{1}$$

Dabei ist:

$$s_k(t) = \begin{cases} 1 & t_{k-1} \leqq t \leqq t_k , \\ 0 & \text{sonst} , \end{cases} \qquad a_0 = \pm 1 .$$

Das Rauschen $n(t)$ wird durch ein weißes Gaußsches Rauschen mit dem Erwartungswert Null und einer δ-Korreliertheit approximiert.

Die zu schätzende Bitlänge ist gleich der Zeitdifferenz zwischen den Bitübergangszeiten t_k und t_{k-1}:

$$T = t_k - t_{k-1} .$$

Das Ziel ist die Ermittlung eines Schätzwertes $\hat{T}$ für T aus dem Meßensemble y_0^t. In [2] ist gezeigt, daß die Schätzung von T über das Maximum der a posteriori Wahrscheinlichkeitsdichte $p(a_0, t_0, \ldots, t_n, \ldots / y_0^t)$ auf die Verwendung integraler Meßgrößen hinausläuft, weil nur dann die Wahrscheinlichkeitsdichte explizit von den Bitübergangszeiten abhängt. In [2] wird das analoge Schätzproblem für eine digitale Bitfolge konstanter Länge, aber unbekannter Struktur und Phase behandelt. Das Ziel in [2] war die Synchronisation der einkommenden Bitfolge, während hier das Ziel allein die Schätzung der Bitübergangszeiten und damit des Taktes ist.

Nach dem Gesagten werden die Schätzwerte für die Bitübergangszeiten und damit den Takt der Mäanderfolge nicht unter Zugrundelegung des gesamten Meßensembles, sondern über eine Hypothesentestung aus integralen Meßgrößen abgeleitet. Dieses Verfahren liefert Schätzwerte auf der Grundlage der wahrscheinlichsten Hypothese über die Lage der Bitübergänge in den vorgegebenen Integrationsintervallen. Es ist ausführlich in [2] dargestellt und in [3] für die Schätzung des Synchronisationsparameters eines langsam schwankenden Bittaktes angewendet worden.

Für die Anwendung des Verfahrens müssen die Integrationsintervallängen und die Anzahl der integralen Meßgrößen, aus denen die Schätzwerte berechnet werden sollen, vorgegeben werden. Kleine Intervallängen und die Verwendung vieler integraler Meßgrößen bedeuten natürlich eine hohe Schätzgenauigkeit, andererseits aber auch einen hohen Aufwand. Bezüglich der Einzelheiten des Verfahrens sei auf [2] und [3] verwiesen.

Um möglichst aufwandsarm zu arbeiten, sei das Ziel gestellt, in Übereinstimmung mit der Voraussetzung (3) über die maximal zulässigen Bitlängenschwankungen, aus den drei normierten integralen Meßgrößen:

$$y_i = \frac{1}{T_0} \int_{\bar{t}_\mu + 0{,}5\,(i-1)\,T_{ap.}}^{\bar{t}_\mu + 0{,}5 \cdot i \cdot T_{ap.}} y(t)\,\mathrm{d}t \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{2}$$

Schätzwerte für die Bitübergangszeiten im Intervall $[t_\mu, t_\mu + 1{,}5 T_{ap.}]$ abzuleiten (Bild 1). $\bar{t}$ bezeichnet die Zeitskale im Empfängermaßstab. $T_{ap.}$ ist eine im Empfängermaßstab a priori vorgegebene Bitlänge. Bezüglich des schwankenden Bittaktes wird die Voraussetzung gemacht, daß

$$\tfrac{3}{4} T_{ap.} \leqq T \leqq \tfrac{5}{4} T_{ap.} . \tag{3}$$

[1]) Mitteilung aus dem Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR.

1. Schätzung des Taktes einer additiv verrauschten Mäanderfolge unter Verwendung integraler Meßgrößen auf der Grundlage einer Hypothesentestung

Im folgenden werden die auf $T_{ap.}$ normierten Zeiten

$$\tau = \frac{t_{k-1} - \bar{t}_\mu}{T_{ap.}}, \qquad \tau' = \frac{t_k - \bar{t}_\mu}{T_{ap.}},$$

benutzt, wobei τ die Zeit für den ersten und τ' die Zeit für den zweiten (wenn vorhanden) Bitübergang im Integrationsbereich ist. Nach den getroffenen Voraussetzungen ist $\tau \in [0, \frac{3}{2}]$, während τ' durchaus größer als $\frac{3}{2}$ sein kann.

Bezüglich der Lage von τ, τ' in den drei Integrationsintervallen gibt es sechs verschiedene Möglichkeiten, die den zu testenden Hypothesen entsprechen. Sie sind in Tafel 1 angegeben.

Die durch Gl. (2) definierten integralen Meßgrößen sind gegeben durch

$$y_i = a_0 D_i + n_i \qquad (i = 1, 2, 3). \tag{4}$$

Für die sechs Hypothesen bezüglich der Lage von τ, τ' in den drei Integrationsintervallen sind die D_i in Tafel 2 angegeben.

Die n_i sind gegeben durch

$$n_i = \int_{\bar{t}_\mu + \frac{i-1}{2} T_{ap.}}^{\bar{t}_\mu + \frac{i}{2} T_{ap.}} n(t)\, \mathrm{d}t .$$

Wegen

$$\langle n(t) \rangle = 0 , \qquad \langle n(t)\, n(t') \rangle = N_0 \delta(t - t') \tag{5}$$

gilt für die n_i:

$$\langle n_i \rangle = 0 , \qquad \langle n_i n_j \rangle = \tfrac{1}{2} \varkappa^{-1} \delta_{ij} .$$

$\varkappa$ ist das Signal-Rauschverhältnis; $\varkappa = \dfrac{T_{ap.}}{N_0}$.

Tafel 1. Zuordnung der Hypothesen zu den Definitionsbereichen der normierten Bitübergangszeiten

Hypothese (k)	Definitionsbereich der normierten Bitübergangszeiten τ	τ'	Anzahl der Bitübergänge im Integrationsbereich
1	$(0, \frac{1}{2})$	$(1, \frac{3}{2})$	2
2	$(0, \frac{1}{2})$	$(\frac{1}{2}, 1)$	2
3	$(\frac{1}{2}, 1)$	$(1, \frac{3}{2})$	2
4	$(0, \frac{1}{2})$	$(\frac{3}{2}, \infty)$	1
5	$(\frac{1}{2}, 1)$	$(\frac{3}{2}, \infty)$	1
6	$(1, \frac{3}{2})$	$(\frac{3}{2}, \infty)$	1

Tafel 2. Werte von D_1, D_2, D_3 für die sechs Hypothesen bezüglich der Lage von τ und τ'

Hypothese (k)	Bitübergangszeiten τ	τ'	D_1	D_2	D_3
2	$(0, \frac{1}{2})$	$(\frac{1}{2}, 1)$	$\pm(\frac{1}{2} - 2\tau)$	$\pm(2\tau' - \frac{3}{2})$	$\pm\frac{1}{2}$
1		$(1, \frac{3}{2})$	$-\|\|-$	$\pm\frac{1}{2}$	$\pm(2\tau' - \frac{5}{2})$
4		$(\frac{3}{2}, \infty)$	$-\|\|-$	$-\|\|-$	$\pm\frac{1}{2}$
3	$(\frac{1}{2}, 1)$	$(1, \frac{3}{2})$	$\mp\frac{1}{2}$	$\pm(\frac{3}{2} - 2)$	$\pm(2\tau' - \frac{5}{2})$
5		$(\frac{3}{2}, \infty)$	$-\|\|-$	$-\|\|-$	$\pm\frac{1}{2}$
6	$(1, \frac{3}{2})$	$(\frac{3}{2}, \infty)$	$-\|\|-$	$\mp\frac{1}{2}$	$\pm(\frac{5}{2} - 2)$

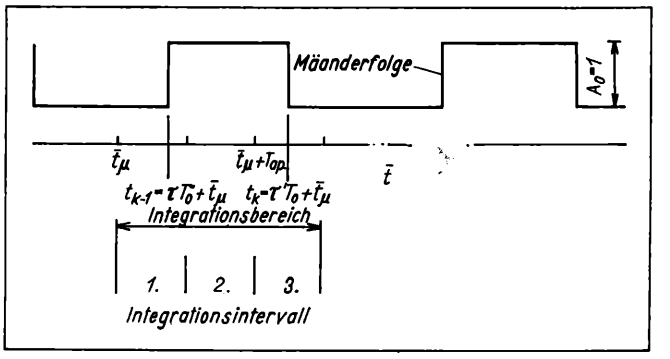


Bild 1. Zur Festlegung der Integrationsgrenzen in Gl. (2)

Die Schätzwerte für τ, τ' sollen über die a posteriori Wahrscheinlichkeitsdichte (WD) $p(\tau, \tau', a_0/y_1, y_2, y_3) = p(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ berechnet werden.

Nach dem Bayeschen Satz ist die a posteriori WD

$$\begin{aligned} p(\tau, \tau', a_0/\{y_i\}) &= C_1 p(\{y_i\}/\tau, \tau', a_0)\, p(\tau, \tau', a_0) \\ &= C_1 p(\{y_i\}/\tau, \tau' a_0)\, p_{\text{a priori}} . \end{aligned}$$

Die Ermittlung der Schätzwerte $\hat{\tau}$, $\hat{\tau}'$ über eine Hypothesentestung geschieht wie folgt: Für die sechs möglichen Fälle $k = 1, 2, \ldots, 6$ nach Tafel 1 werden die $p_k(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ berechnet und ihre Maxima miteinander verglichen. Dabei könnte die Vergangenheit berücksichtigt werden, indem $p_{\text{a priori}}$ gleich der im vorhergehenden Schätzschritt berechneten $p_{\text{a posteriori}}$ gesetzt wird. Aus aufwandstechnischen Gründen verzichten wir auf eine Berücksichtigung der Vergangenheit. Unter der Annahme, daß alle sechs Hypothesen nach Tafel 1 a priori gleichwahrscheinlich sind, ist $p(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ bis auf eine Konstante gleich der Likelihood-Funktion:

$$\begin{aligned} p(\tau, \tau', a_0/\{y_i\}) &= C_2 p(\{y_i\}\tau, \tau', a_0) \\ &= C_2 \exp\left[-\frac{1}{4\varkappa} \left((y_1 - a_0 D_1)^2 + \right.\right. \\ &\qquad \left.\left. + (y_2 - a_0 D_2)^2 + (y_3 - a_0 D_3)^2 \right) \right]. \end{aligned} \tag{6}$$

Für die sechs verschiedenen Hypothesen ergeben sich durch Einsetzen der Werte aus Tafel 2 für die D_i jeweils verschiedene Likelihood-Funktionen und damit $p_k(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ ($k = 1, 2, \ldots, 6$). Der Definitionsbereich ist dann je nach Lage der τ, τ' unterschiedlich. Um die $p_k(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ in Abhängigkeit von Größen mit gleichem Definitionsbereich darstellen zu können, führt man mit Hilfe folgender Gleichungen neue Variable x, x' ein, wobei $x, x' \in [-1, 1]$:

$$x = \begin{cases} 4\tau - 1 , & \text{wenn} \quad \tau \in [0, \frac{1}{2}] \\ 4\tau - 3 , & \text{wenn} \quad \tau \in [\frac{1}{2}, 1] \\ 4\tau - 5 , & \text{wenn} \quad \tau \in [1, \frac{3}{2}] \end{cases} \tag{7a}$$

bzw.

$$x' = \begin{cases} 4\tau' - 3 , & \text{wenn} \quad \tau' \in [\frac{1}{2}, 1] . \\ 4\tau' - 5 , & \text{wenn} \quad \tau' \in [1, \frac{3}{2}] \end{cases} \tag{7b}$$

Für die $p_k(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ erhält man dann nach Gln. (6) und Tafel 2 sowie Einsetzen der neuen Variablen x, x':

$$\begin{aligned} &p_k(x, x', a_0/\{y_i\}) = \\ &= C \exp\left\{ -\frac{1}{4\varkappa} \left[\frac{1}{4} (x^2 + x'^2 + 1) + a_0 L_k(x, x') \right] \right\}, \end{aligned} \tag{8a}$$

wenn $k = 1, 2, 3$ bzw.

$$p_k(x, a_0/\{y_i\}) = C \exp\left\{ -\frac{1}{4\varkappa} \left[\frac{1}{4} (x^2 + 2)\, a_0 L_k(x) \right] \right\},$$

wenn $k = 4, 5, 6$.

C ist eine nur von den Meßgrößen abhängige Konstante. Die Funktionen $L_k(x, x')$ und $L_k(x)$ sind folgendermaßen definiert:

$$\left.\begin{aligned} L_k(x, x') = \pm y_1 x \mp y_2 \mp y_3 x' \quad &\text{wenn} \quad k = 1 \\ \pm y_1 x \mp y_2 x' \pm y_3 \quad &\text{wenn} \quad k = 2 \\ \pm y_1 \pm y_2 x \mp y_3 x' \quad &\text{wenn} \quad k = 3 \end{aligned}\right\} \tag{9a}$$

$$\left.\begin{aligned} L_k(x) = \pm y_1 x \mp y_2 \mp y_3 \quad &\text{wenn} \quad k = 4 \\ \pm y_1 \pm y_2 x \mp y_3 \quad &\text{wenn} \quad k = 5 \\ \pm y_1 \pm y_2 \pm y_3 x \quad &\text{wenn} \quad k = 6 \end{aligned}\right\} \tag{9b}$$

(das obere Vorzeichen gilt für $a_0 = 1$, das untere für $a_0 = -1$). Wir bezeichnen die Suprema der WD $p_k(\tau, \tau', a_0/\{y_i\})$ mit $\hat{p}_k$.

$$\sup_{\substack{x, x' \in [-1, 1] \\ a_0 = \pm 1}} p_k(x, x', a_0/\{y_i\}) = p_k(\hat{x}_k, \hat{x}'_k, a_0/\{y_i\}) = \hat{p}_k \,.$$

Aus den Gln. (8) ist ersichtlich, daß

$$\hat{a}_0 = -\operatorname{sgn} L_k(x, x') \quad \text{bzw.} \quad \hat{a}_0 = -\operatorname{sgn} L_k(x) \,. \tag{10}$$

Da die Bestimmung des wahrscheinlichsten Wertes von a_0 in diesem Zusammenhang nicht interessiert, führen wir die Hypothesentestung unter Berücksichtigung von Gl. (10) folgendermaßen durch:

$$\sup_{x, x' \in [-1, 1]} p_k(x, x'/\{y_i\}) = p_k(\hat{x}_k, \hat{x}'_k/\{y_i\}) = \hat{p}_k \,, \tag{11}$$

wobei jetzt

$$p_k(x, x'|\{y_i\}) = C \exp\left\{\frac{1}{16\varkappa}[-(x^2 + x'^2 + 1) + 4\,|L_k(x, x')|]\right\} \tag{12a}$$

wenn $k = 1, 2, 3$,

$$p_k(x/\{y_i\}) = C \exp\left\{\frac{1}{16\varkappa}[-(x^2 + 2) + 4\,|L_k(x)|]\right\}, \tag{12b}$$

wenn $k = 4, 5, 6$.

Definiert man:

$$\left.\begin{aligned} \hat{x} &= \hat{x}_k \\ \hat{x}' &= \hat{x}'_k \,, \end{aligned}\right\} \quad \text{wenn} \quad \hat{p}_k = \max_{k = 1, 2, \ldots, 6} \hat{p}_k \,, \tag{13}$$

so sind $\hat{\tau}, \hat{\tau}'$ als die Werte von τ, τ', die die wahrscheinlichste Hypothese zum Maximum machen, nach Gl. (7 a, b) gegeben durch:

$$\left.\begin{aligned} \hat{\tau} &= \frac{\hat{x}_{k'}}{4} + h_k \,, \\ \hat{\tau} &= \frac{\hat{x}'_{k'}}{4} + l_k \,, \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

wobei $h_1 = h_2 = h_4 = \frac{1}{4}$, $l_2 = h_3 = h_5 = \frac{3}{4}$, $l_1 = l_3 = h_6 = \frac{5}{4}$. Da die Exponentialfunktion eine monotone Funktion ihres Argumentes ist, kann die Hypothesentestung auch folgendermaßen durchgeführt werden:

$$\sup_{x, x' \in [-1, 1]} f_k(x, x') = f_k(\hat{x}_k, \hat{x}'_k) = \hat{f}_k \tag{15}$$

$$\left.\begin{aligned} \hat{x} &= \hat{x}'_k \\ \hat{x}' &= \hat{x}'_{k'} \end{aligned}\right\} \quad \text{wenn} \quad \hat{f}_k = \max_{k = 1, \ldots, 6} \hat{f}_k \,, \tag{16}$$

wobei

$$f_k = \begin{cases} -\frac{1}{4}(x^2 + x'^2 + 1) + |L_k(x, x')| & \text{für} \quad k = 1, 2, 3 \\ -\frac{1}{4}(x^2 + 2) + |L_k(x)| & \text{für} \quad k = 4, 5, 6 \,. \end{cases} \tag{17}$$

Mit $\varphi(y_i) = y_i F(2y_i) - \frac{1}{4} F^2(2y_i)$ $(i = 1, 2, 3)$, wobei

$$F(z) = \begin{cases} z & \text{für} \quad |z| \leqq 1 \\ \operatorname{sgn}(z) & \text{für} \quad |z| \geqq 1 \end{cases}$$

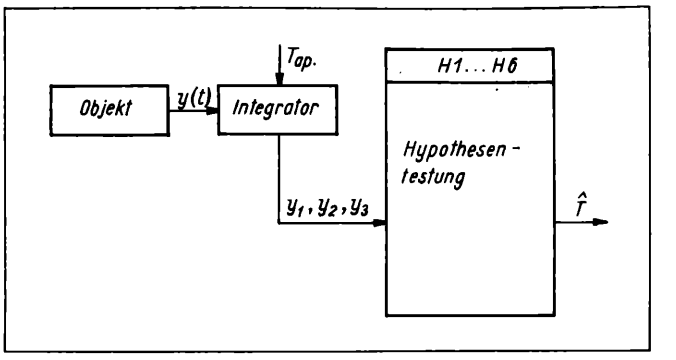


Bild 2. Schematische Darstellung des vollständigen Schätzalgorithmus nach den Gln. (14) bis (20)

erhält man für die f_k und $\hat{x}_k$ bzw. $\hat{x}'_k$:

$$\left.\begin{aligned} \hat{f}_1 &= \varphi(y_1) + \varphi(y_3) + |y_2| - \tfrac{1}{4} \\ \hat{f}_2 &= \varphi(y_1) + \varphi(y_2) + |y_3| - \tfrac{1}{4} \\ \hat{f}_3 &= \varphi(y_2) + \varphi(y_3) + |y_1| - \tfrac{1}{4} \\ \hat{f}_4 &= \varphi(y_1) + |y_2 + y_3| - \tfrac{1}{2} \\ \hat{f}_5 &= \varphi(y_2) + |y_1 - y_3| - \tfrac{1}{2} \\ \hat{f}_6 &= \varphi(y_3) + |y_1 + y_2| - \tfrac{1}{2} \end{aligned}\right\} \tag{18}$$

$$\left.\begin{aligned} \hat{x}_1 &= -F(2y_1) \operatorname{sgn} y_2 \,, & \hat{x}'_1 &= F(2y_3) \operatorname{sgn} y_2 \\ \hat{x}_2 &= F(2y_1) \operatorname{sgn} y_3 \,, & \hat{x}'_2 &= -F(2y_2) \operatorname{sgn} y_3 \\ \hat{x}_3 &= F(2y_2) \operatorname{sgn} y_1 \,, & \hat{x}'_3 &= -F(2y_3) \operatorname{sgn} y_1 \end{aligned}\right\} \tag{19}$$

$$\left.\begin{aligned} \hat{x}_4 &= -F(2y_1) \operatorname{sgn}(y_2 + y_3) \\ \hat{x}_5 &= F(2y_2) \operatorname{sgn}(y_1 - y_3) \\ \hat{x}_6 &= F(2y_3) \operatorname{sgn}(y_1 + y_2) \,. \end{aligned}\right\} \tag{20}$$

Der hier abgeleitete Algorithmus zur Schätzung der Bitübergangszeiten τ, τ' aus drei integralen Meßgrößen nach den Gln. (14) bis (20) ist in den Bildern 2 und 3 schematisch dargestellt. Die Blöcke A, B, C im Bild 3 sind durch die hardwaremäßige Realisierung der Gln. (18) bis (20) gegeben.

Wenn in Gl. (16) $k' \leqq 3$, dann ist mit der Schätzung von τ und τ' auch ein Schätzwert für den Bittakt $T = t_k - t_{k-1}$ gegeben:

$$\hat{T} = (\hat{\tau}' - \hat{\tau})\, T_{ap.} \,.$$

Wenn jedoch $k' > 3$, kann lediglich ein Schätzwert für τ abgeleitet werden.

2. Vereinfachter Schätzalgorithmus für den Bittakt einer additiv verrauschten Mäanderfolge

Der abgeleitete Schätzalgorithmus ist vor allem wegen der Hypothesentestung sehr aufwendig. Es soll in diesem Abschnitt ein vereinfachter Schätzalgorithmus abgeleitet werden, der auf die Hypothesentestung verzichtet. Dazu wird von dem für die Schätzung günstigsten Fall $k = 1$ ausgegangen. Für diesen Fall gilt:

$$\hat{T} = (\hat{\tau}' - \hat{\tau})\, T_{ap.} = T_{ap.}\,(\tfrac{1}{4}\hat{S}_1 + 1) \,, \tag{21}$$

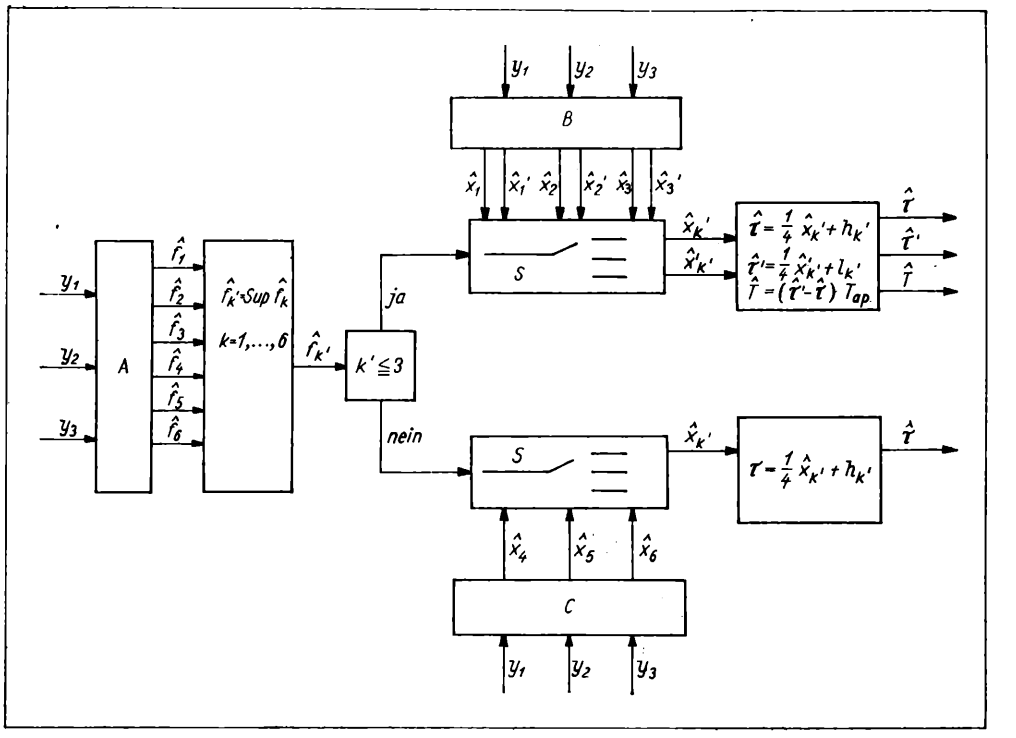
mit

$$\hat{S}_1 = \hat{x}'_1 - \hat{x}_1 = \operatorname{sgn} y_2 [F(2y_3) + F(2y_1)] \tag{2z}$$

(s. Gl. (19)).

Die Gln. (21) und (22) liefern im determinierten Fall als Schätzwert für die Bitlänge den exakten Wert $\hat{T} = T$. Die Analyse zeigt, daß sich bei Vorliegen der Fälle $k = 2, 3, 4$, im determinierten Fall nach Gl. (21) und Gl. (22) für $\hat{T}$ natürlich nicht der wahre Wert T ergibt, die Abweichung von T von $T_{ap.}$ jedoch

Bild 3. Schematische Darstellung des Blockes H1 ... H6 aus Bild 2



qualitativ richtig beschrieben wird; d. h. es ist immer:

$$\operatorname{sgn}(T - T_{\mathrm{ap.}}) = \operatorname{sgn}(\hat{T} - T_{\mathrm{ap.}}) .$$

Das bedeutet, daß in den Fällen $k = 2, 3$ $(0 \leqq \tau' - \tau < 1)$ $\hat{T} - T_{\mathrm{ap.}}$ immer negativ und in den Fällen $k = 4, 6$ $(\tau' - \tau > 1)$ $\hat{T} - T_{\mathrm{ap.}}$ immer positiv ist. Für den Fall $k = 5$, für den sowieso sowohl keine Aussage über die Bitlänge als über das Vorzeichen von $T - T_{\mathrm{ap.}}$ möglich ist, da nur ein Bitübergang im mittleren Integrationsintervall vorhanden ist, zeigt die Analyse, daß $\hat{S}_1 = 0$ (im determinierten Fall). Der durch die Gln. (21) und (22) gegebene vereinfachte Schätzalgorithmus wird nur für relativ langsame Taktschwankungen gute Ergebnisse liefern. Er wurde daher zunächst für Bitfolgen simuliert, bei denen die Bitlänge nach einer Sinusfunktion mit einer Periode, die gleich einem Vielfachen der mittleren Bitlänge T_0 ist, schwankt: $T_{\mathrm{I}} = T_0 + A \sin\left(\frac{2\pi I}{B}\right)$.

Bei der erstmaligen Schätzung von T wurde $T_{\mathrm{ap.}} = T_0$ gesetzt und der Integrationsbereich $[\bar{t}_\mu, \bar{t}_\mu + \frac{3}{2} T_0]$ mit den Integrationsintervallen

$$[\bar{t}_\mu, \bar{t}_\mu + \tfrac{1}{2} T_0] , \quad [\bar{t}_\mu + \tfrac{1}{2} T_0, \bar{t}_\mu + T_0] ,$$
$$[\bar{t}_\mu + T_0, \bar{t}_\mu + \tfrac{3}{2} T_0]$$

benutzt. Die erstmalige Anwendung des Algorithmus (21) und (22) liefert einen Schätzwert für $\hat{T}_1$, mit dem der Integrationsbereich für den zweiten Schätzschritt festgelegt wurde:

$[\bar{t}_\mu + T_0, \bar{t}_\mu + \frac{3}{2} T_0 + T_1]$ mit den Integrationsintervallen:

$$[\bar{t}_\mu + T_0, \bar{t}_\mu + \tfrac{3}{2} T_0] , \quad [\bar{t}_\mu + \tfrac{3}{2} T_0, \bar{t}_\mu + \tfrac{3}{2} T_0 + \tfrac{1}{2} \hat{T}_1] ,$$
$$[\bar{t}_\mu + \tfrac{3}{2} T_0 + \tfrac{1}{2} \hat{T}_1, \bar{t}_\mu + \tfrac{3}{2} T_0 + \hat{T}_1] .$$

Hierzu ist zu bemerken, daß der Algorithmus verlangt, daß der zweite Integrationsbereich bei $\bar{t}_\mu + nT_0$ $(n \geqq 1)$ beginnt (und nicht bei $\bar{t}_\mu + \frac{3}{2} T_0$). Es wurde $n = 1$ gesetzt und die Festlegung getroffen, daß y_1 nicht neu berechnet wird, sondern für y_1 der Wert von y_3 des ersten Schätzschrittes genommen wird. Das gilt analog für alle folgenden Schätzschritte. Es wurde immer so verfahren, daß das erste Integrationsintervall des folgenden Integrationsbereiches gleich dem letzten Integrationsintervall des vorhergehenden Integrationsbereiches ist und $(y_3)_\mu = (y_1)_{\mu+1}$ gesetzt. Damit ist gewährleistet, daß der Algorithmus zeitkontinuierlich arbeitet. Im Bild 4 ist ein Simulationsergebnis angegeben (strich-punktierte Kurve). Die Taktschwankungen werden vom Algorithmus nur mangelhaft geschätzt. Die Ursache dafür ist, daß der Fall $k = 5$, bei dem kein Schätzwert geliefert wird, sehr oft auftritt.

Um diesem Mangel abzuhelfen, wurde der vereinfachte Schätzalgorithmus folgendermaßen modifiziert: Vor jeder Schätzung wird getestet, ob der Fall $k = 5$ vorliegt. Im determinierten Fall ist $k = 5$, wenn $|y_1| = |y_3| = 0{,}5 T_{\mathrm{ap.}}$ und y_1 und y_3 unterschied-

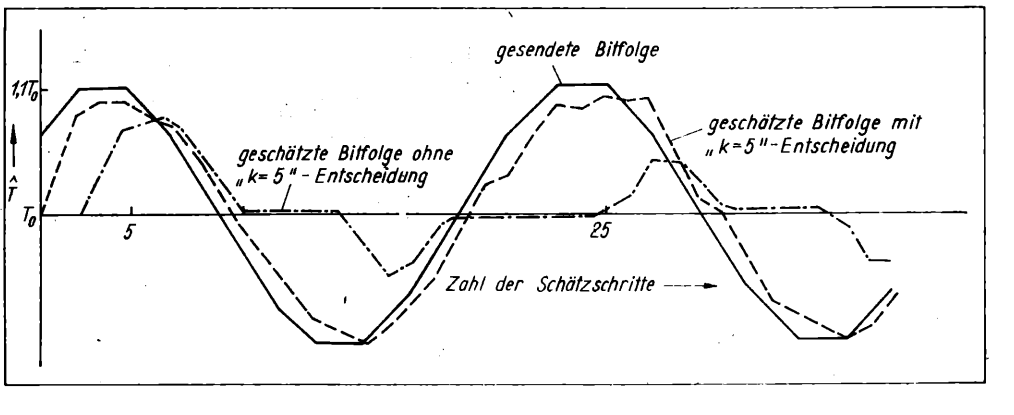


Bild 4. Simulation des vereinfachten bzw. zweistufigen Schätzalgorithmus für eine Bitfolge mit sinusförmig schwankendem Takt

liche Vorzeichen haben. Für die mit additivem Rauschen behaftete Bitfolge entscheiden wir demzufolge auf $k = 5$, wenn

$$|y_1| \gtrless 0{,}5T_{\mathrm{ap.}} - \delta \wedge |y_2| \gtrless 0{,}5T_{\mathrm{ap.}} - \delta \wedge y_1 \cdot y_3 < 0 .$$

Unter Annahme eines weißen Rauschens kann die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Fall $k = 5$ bei vorgegebenem δ und Signal-Rausch-Verhältnis $\varkappa$ richtig erkannt wird, berechnet werden. Es ist $P(k = 5/k = 5) \approx \frac{1}{2}\left(1 + \Phi(\delta\sqrt{\varkappa})\right)$, wobei Φ die Fehlerfunktion ist. δ darf nicht beliebig groß gemacht werden, da mit wachsendem δ auch die Wahrscheinlichkeit wächst, daß auf $k = 5$ entschieden wird, obwohl $k \neq 5$. Beispielsweise ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß auf $k = 5$ entschieden wird, obwohl $k = 4$ (der Bitübergang liegt im ersten und nicht im zweiten Integrationsintervall, s. Bild 5):

$$P(k = 5/k = 4) \approx \tfrac{1}{2}\left(1 - \Phi\left((2\varepsilon - \delta)\sqrt{\varkappa}\right)\right) . \qquad (23)$$

Die Bedeutung des Parameters ε ist im Bild 5 erklärt. Wegen der ε-Abhängigkeit von $P(k = 5/k = 4)$ kann keine allgemeine Aussage über die Wahl eines optimalen δ bei vorgegebenen $\varkappa$ gemacht werden. Nach den Erfahrungen der Autoren ist bei Signal-Rausch-Verhältnissen zwischen 10 und 100 δ in den Grenzen $0{,}01T_{\mathrm{ap.}} < \delta < 0{,}05T_{\mathrm{ap.}}$ festzulegen.

Wird auf den Fall $k = 5$ entschieden, so wird die Empfängerzeitskale um $\frac{1}{2}\,\widehat{T}_\mu$ nach vorn verschoben, und alle drei integralen Meßgrößen werden im nächsten Schritt (bei dem mit großer Wahrscheinlichkeit $k \neq 5$) neu berechnet.

Dieser zweistufige Schätzalgorithmus ist im Bild 6 schematisch dargestellt. Die unter der Voraussetzung $k = 1$ berechneten $\widehat{T}_\mu$

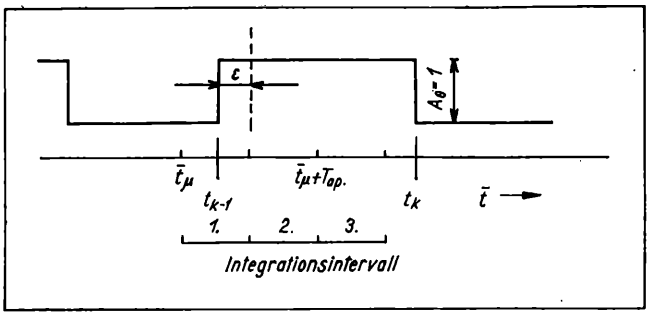


Bild 5. Zur Bedeutung des Parameters ε in Gl. (23)

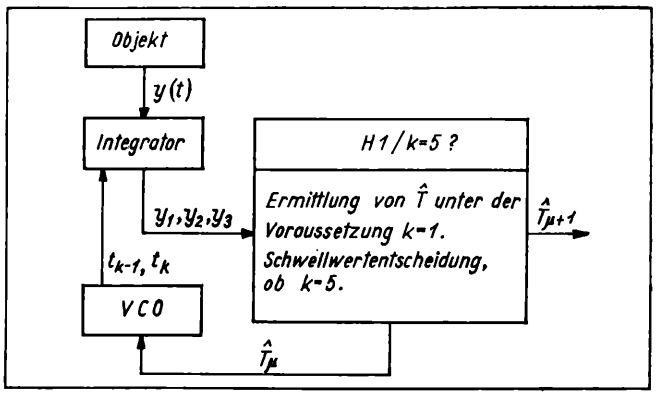


Bild 6. ▲ Schematische Darstellung zweistufigen Schätzalgorithmus zur Steuerung des Empfängertaktes

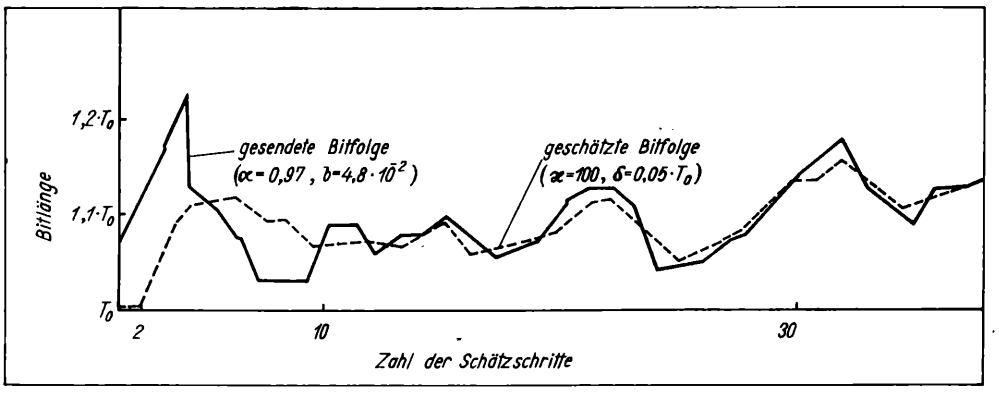


Bild 7. Simulation des zweistufigen Schätzalgorithmus für eine Bitfolge mit stochastisch schwankendem Takt

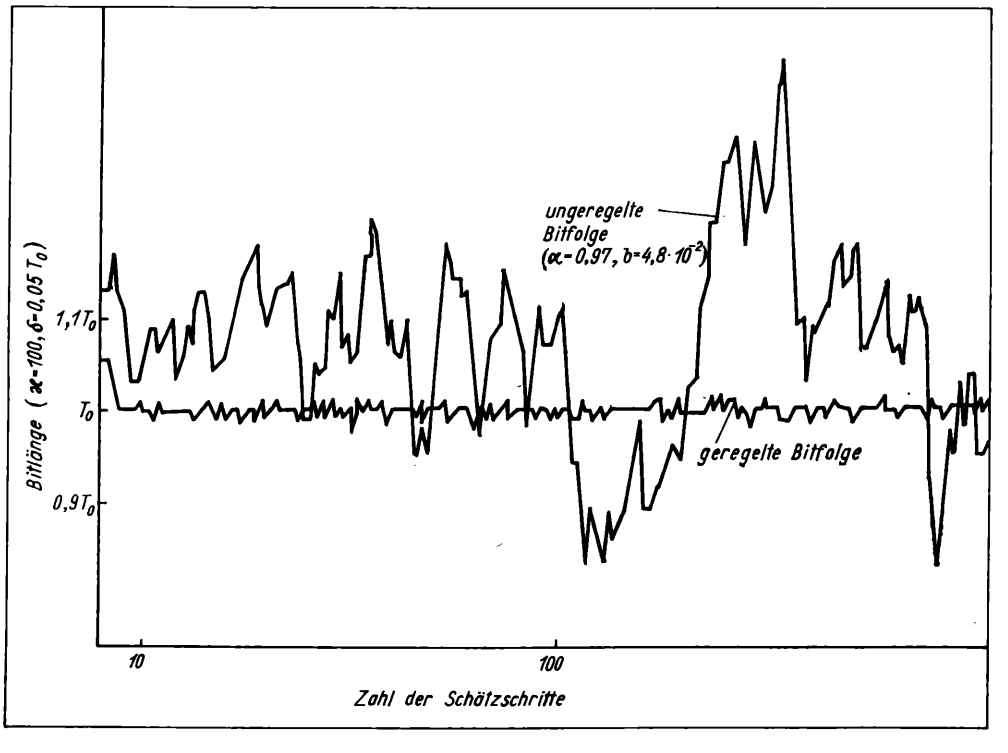


Bild 8. Simulation des Regelalgorithmus für eine stochastisch schwankende Bitfolge

dienen der Steuerung des Integrators zur Bildung der integralen Meßgrößen. Der Empfängertakt wird den Schwankungen des Bittaktes angepaßt. An die Stelle der Hypothesentestung tritt die Schwellwertentscheidung über das Vorliegen des Falles $k = 5$.
Im Bild 4 ist für die Bitfolge $T_I = T_0 + 0{,}1 \sin\left(\frac{2\pi I}{20}\right)$, für die der vereinfachte Algorithmus (21) und (22) keine zufriedenstellenden Ergebnisse lieferte, die mit dem zweistufigen Algorithmus geschätzte Taktfolge für ein schlechteres Signal-Rausch-Verhältnis angegeben (gestrichelte Kurve). δ wurde gleich $0{,}02T_{ap.}$ gesetzt. Die Taktschwankungen werden gut wiedergegeben.

Der zweistufige Schätzalgorithmus wurde von uns auch für eine Mäanderfolge mit stochastisch schwankendem Takt

$$\Delta T_{k+1} = \alpha \Delta T_k + b\xi_k \tag{24}$$

simuliert. In Gl. (24) ist $\Delta T_k = T_k - T_0$, $\alpha < 1$ und ξ_k ein weißes Gaußsches Rauschen mit

$$\langle \xi_k \rangle = 0\,, \qquad \langle \xi_k \xi_{k'} \rangle = \delta_{kk'}\,. \tag{25}$$

Die Parameter α und b in Gl. (24) können durch Parameter in einer Modellgleichung ausgedrückt werden, durch die die Geschwindigkeitsschwankungen des Motors beschrieben werden können:

$$\dot{v} = -\beta v + \sigma\xi \tag{26}$$

(ξ ist wieder ein deltakorreliertes, weißes Gaußsches Rauschen). Dem kontinuierlichen Modell (26) entspricht das diskrete Modell $v_{\mu+1} = \bar{\beta} v_\mu + \bar{\sigma}\xi_\mu$ (wobei für ξ_μ Gl. (25) gilt).
Unter den Annahmen $\beta T_{\mu+1} \ll 1$ und $T_{\mu+1} \approx T_\mu \approx T_0$, ist $\beta = 1 - \beta T_0$ und $\bar{\sigma} = \sigma\sqrt{T_0}$.

Mit S_0 gleich dem mittleren, je Bittakt zurückgelegtem Weg $\left(v_\mu = \frac{S_0}{T_\mu}\right)$ ist:

$$\alpha = \frac{2}{1+\bar{\beta}} \quad \text{und} \quad b = -\frac{2T_0^2}{(1+\bar{\beta})\,S_0}\,\bar{\sigma}\,.$$

Da der Algorithmus nur für relativ langsam schwankende Takte gute Ergebnisse liefert, muß $\alpha \approx 1$ sein. Ein Simulationsergebnis für die Schätzung eines nach Gl. (24) stochastisch schwankenden Taktes ist im Bild 7 angegeben.

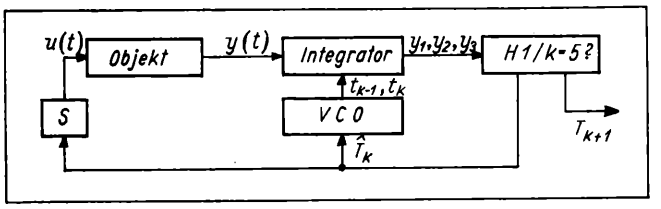


Bild 9. Schematische Darstellung der Regelung des Taktes auf der Basis des zweistufigen Algorithmus

3. Regelung des Taktes einer stochastisch schwankenden Mäanderfolge auf der Grundlage des vereinfachten Schätzalgorithmus

Um den Takt der stochastisch schwankenden Mäanderfolge nach Gl. (24) zu regeln, wird die Steuergröße U_k eingeführt:

$$\Delta T_{k+1} = \alpha \Delta T_k + b\xi_k + \gamma U_k\,. \tag{27}$$

Mit dem Ansatz $U_k = -\frac{c}{\gamma}\Delta T_k$ ergibt sich für die stationäre Streuung D' des Systems (27)

$$D' = \frac{b^2}{1-(\alpha-c)^2}\,,$$

die für $\alpha = c$ minimal wird und kleiner als die stationäre Streuung $D = b^2/(1-\alpha^2)$ des Systems (24) ist. Man approximiert ΔT_k durch $\Delta\hat{T}_k = \hat{T}_k - T_0 = T_0 \frac{1}{4}\hat{S}_1$.
Ein Simulationsergebnis ist im Bild 8 angegeben. Während die Bitlängen der ungeregelten Folge Gl. (24) relativ stark zwischen den Amplitudenwerten $0{,}86T_0$ und $1{,}38T_0$ schwanken, ist die Variationsbreite der Bitlängen der geregelten Folge:

$$0{,}98T_0 \leqq T \leqq 1{,}01T_0\,.$$

Im Bild 9 ist der Algorithmus zur Regelung des Taktes auf der Basis des zweistufigen Schätzalgorithmus schematisch dargestellt. Im Block S wird die Steuergröße aus dem Schätzwert $\hat{T}$ gebildet.

Literatur

[1] *Ahlbehrendt, N.; Schmelovski, K.-H.:* Optimale Regelung zeitkontinuierlicher stochastischer Objekte bei zeitdiskreter Beobachtung. EIK 15 (1979) H. 8/9, S. 455.

[2] *Ahlbehrendt, N.; Kempe, V.:* Synthese optimaler Synchronisationsalgorithmen für additiv verrauschte Bitströme im Videoband — Teil 1. EIK 17 (1981) H. 2/3, S. 149.

[3] *Ahlbehrendt, N.; Kempe, V.:* Synthese optimaler Synchronisationsalgorithmen für additiv verrauschte Bitströme im Videoband — Teil 2. EIK 17 (1981) H. 4/6, S. 297.

ms 7577

Doz. Dr.-Ing. *H. Buchta* und Dr.-Ing. *B. Behrens*, Dresden[1])

Parameterschätzung bei nichtlinearen statischen Modellen mit impliziter Struktur

IA 2.6.1.

0. Einleitung

Die zunehmenden Anforderungen aller Bereiche von Wissenschaft und Technik an die Automatisierungstechnik sind eng mit der wachsenden Bedeutung der Prozeßanalyse verbunden. Die Modellbildung von technischen und nichttechnischen Systemen und Prozessen als Voraussetzung für den Einsatz von modernen Automatisierungsgeräten verlangt neben einer Strukturanalyse des zu modellierenden Systems auch die Identifikation von Modellparametern. Unter gewissen vereinfachenden Annahmen ist es oftmals möglich, mit Hilfe einer theoretischen Prozeßanalyse ein dynamisches Modell

$$\dot{\hat{x}} = g(\hat{x}, u, \hat{a}) \tag{1}$$

$\hat{x}$ Vektor der Zustandsgrößen; u Vektor der Eingangsgrößen; $\hat{a}$ Parametervektor; g nichtlineare Vektorfunktion
zu erhalten; dieses wird als strukturadäquat zum Original angenommen. Ist nun ein statisches Modell des Prozesses von Interesse (im Beitrag werden ausschließlich einvariable statische Modelle betrachtet), erhält man durch Nullsetzen der zeitlichen Ableitungen in Gl. (1)

$$0 = g(\hat{y}, u, \hat{a})\,, \tag{2}$$

[1]) Mitteilung aus der TU Dresden, Sektion Informationstechnik, Bereich Regelungstechnik und Prozeßsteuerung.

wobei die meßbare Zustandsgröße $\hat{x}$ die Bedeutung einer Ausgangsgröße $\hat{y}$ annimmt. Wird dieser Weg der Gewinnung statischer Prozeßmodelle eingeschlagen, so erhält man in jedem Fall zunächst ein Modell in impliziter Form, das sich bei den meisten realen Systemen nicht analytisch in eine explizite Form überführen läßt [1] und in das die zu bestimmenden Parameter $\hat{\boldsymbol{a}}$ oft nichtlinear eingehen. Das übliche Vorgehen zur Parameteridentifikation besteht in der Anwendung des Ausgangsfehlers

$$\delta = y_z - \hat{y} \tag{3}$$

als Maß der Abweichung zwischen Original und Modell und anschließender Minimierung der Fehlerquadratsumme (MKQ) bezüglich der Modellparameter $\hat{\boldsymbol{a}}$ (s. z. B. [2] bis [5]; wobei

$$y_z = y + z \tag{4}$$

die mit einer mittelwertfreien, normalverteilten Störung z überlagerte Ausgangsgröße y des Systems ist). Diese bekannte Strategie ist für implizite Modelle mit einem erheblichen Rechenaufwand verbunden, da Gl. (2) nicht analytisch nach $\hat{y}$ auflösbar ist und deshalb der Wert des Modellausgangs $\hat{y}$ für jeden Eingangswert u iterativ bestimmt werden muß. Da bei parameternichtlinearen Modellen die Kennwertschätzung ebenfalls iterativ erfolgt, ist nach jedem Identifikationsschritt eine Neuberechnung der Werte $\hat{y}$ erforderlich.
Aufgrund der Vorteile

- höhere Strukturgenauigkeit
- i. allg. weniger Parameter
- technischer Hintergrund der Parameter bekannt
- wertemäßige Abschätzung der Parameter möglich
- bessere Nutzung der A-priori-Information
- höhere Näherungsgüte im Sinne einer Globalmodellerstellung

erscheint es jedoch sinnvoll, einen neuen Weg zu beschreiten und der Parameteridentifikation von statischen Modellen, die auf o. g. Art und Weise entstanden, die implizite Modellstruktur Gl. (2) statt eines bisher meist gebräuchlichen approximierenden expliziten Modellansatzes zugrunde zu legen. Deshalb wird die Verwendung einer anderen, für implizite Modellstrukturen günstigeren Fehlerstrategie (Bild 1) vorgeschlagen, die auf dem Prinzip des Gleichungsfehlers beruht. Dabei werden anstelle der unbekannten Werte $\hat{y}$ die Meßwerte y_z des Systemausganges in das Modell eingesetzt; damit ergibt sich auf der linken Seite von Gl. (2) ein von Null abweichender Wert

$$\eta = g(y_z, u, \hat{\boldsymbol{a}}), \tag{5}$$

der im folgenden als Modellfehler benutzt wird.
Die Anwendung der klassischen Methode der kleinsten Quadrate (MKQ) auf diesen Modellfehler η liefert

$$Q(\hat{\boldsymbol{a}}) = \sum_{i=1}^{N} \eta_i^2(\hat{\boldsymbol{a}}) \tag{6}$$

N Meßwertanzahl.

Im Ergebnis der Minimierung von Q (nichtlineares Optimierungsproblem) werden Schätzungen $\hat{\boldsymbol{a}}$ für die wahren Parameter $\boldsymbol{a}$ des Systems erhalten. Zur Bewertung der Genauigkeit und Brauchbarkeit eines mit diesen Parametern $\hat{\boldsymbol{a}}$ ausgestatteten Modells sind die statistischen Eigenschaften der MKQ-Schätzungen von Interesse. Eine Untersuchung zeigt, daß diese Schätzungen mit einem systematischen Fehler behaftet sind. Für beliebige Meßwertzahlen N haben die geschätzten Parameter einen Bias; sie sind weder erwartungstreu noch konsistent.
Die Erkundung der Ursachen für die systematische Verzerrung der Schätzungen sowie die Angabe von Möglichkeiten zur Erlangung besserer Schätzungen sind das Ziel des Beitrages (vgl. [6]).

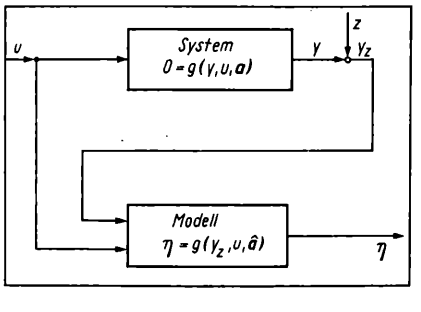


Bild 1. Modellfehlerbildung bei impliziten Strukturen

1. Eine Strategie zur Schätzung der Parameter impliziter Modelle

1.1. Ableitung der Strategie

Im folgenden wird angenommen, daß das Eingangssignal u fehlerfrei meßbar sei; es nimmt damit determinierten Charakter an. Der stochastische Charakter des Modellfehlers η rührt deshalb nur von der gestörten Ausgangsgröße y_z des Systems her. Bei der Untersuchung der Frage, auf welche Art und Weise die normalverteilte Störung z am „Eingang" des Modells (vgl. Bild 1) auf den Modellfehler η übertragen wird, zeigt sich, daß durch den gekrümmten Verlauf der Modellkennlinie (2) bei festen u und $\hat{\boldsymbol{a}}$ die ehemals um y symmetrische Amplitudendichte von y_z bei der Übertragung verzerrt wird (nichtlineare Funktionsspiegelung). Damit unterscheiden sich auch der ungestörte Wert $\varepsilon = g(y, u, \hat{\boldsymbol{a}})$ des Gleichungsfehlers und der Mittelwert m_η der Amplitudendichte von η um einen gewissen Anteil, der von der Krümmung der Modellkurve abhängt.
Unter der Voraussetzung, daß die Modellgleichung (5) bei beliebigen, aber festen Werten u und $\hat{\boldsymbol{a}}$ in einer genügend großen Umgebung von y hinreichend „glatt" ist, kann ein quadratischer Ansatz

$$\eta \approx c_0 + c_1 y_z + c_2 y_z^2 \tag{7}$$

als approximierende Funktion formuliert werden. Damit können näherungsweise die Verteilungsdichte des Modellfehlers sowie deren statistische Parameter angegeben werden. Für den Mittelwert m_η gilt dann

$$m_\eta \approx \varepsilon + c_2 \sigma_z^2 . \tag{8}$$

Die Tatsache, daß der Mittelwert des Modellfehlers für die wahren Parameter $\hat{\boldsymbol{a}} = \boldsymbol{a}$ (d. h. $\varepsilon = 0$) nicht verschwindet, ist die Ursache für die systematischen MKQ-Schätzfehler der Parameter. Aus diesem Grunde wurde der Gedanke des rückverschobenen Gleichungsfehlers

$$r = \eta - c_2 \sigma_z^2 \tag{9}$$

entwickelt, für den

$$m_r \approx \varepsilon \quad \text{bei beliebigen } \hat{\boldsymbol{a}} \tag{10}$$

bzw.

$$m_r \approx 0 \quad \text{bei } \hat{\boldsymbol{a}} = \boldsymbol{a} \tag{11}$$

gilt.

Die Gl. (9) ist der Grundgedanke der Strategie „Rückverschiebung" (RV).

Der Krümmungskoeffizient c_2 ist von u und $\hat{\boldsymbol{a}}$ abhängig und für jedes Datenpaar (u, y_z) bzw. jeden neuen Schätzvektor $\hat{\boldsymbol{a}}$ erneut zu berechnen. Im folgenden wird dies gemäß

$$c_2 = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \eta}{\partial y_z^2}\bigg|_{y_z, u, \hat{\boldsymbol{a}}} \tag{12}$$

geschehen (Taylor-Reihenkoeffizient). Die Kenntnis der Störstreuung σ_z wird in diesem Beitrag a priori vorausgesetzt.

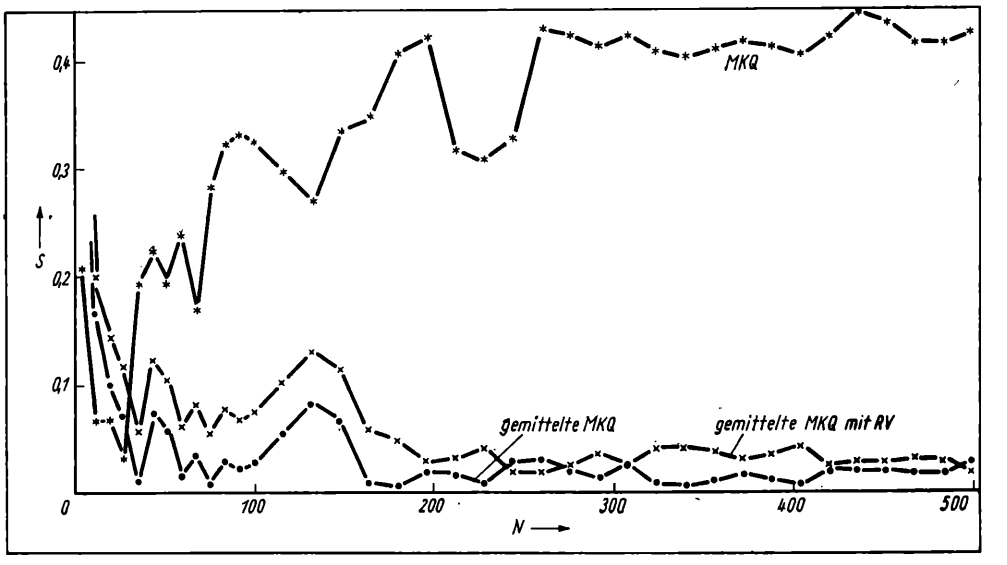


Bild 2. Parameterschätzfehler s bei variabler Meßwertzahl für das konstruierte Modell
$\eta = \hat{a}_1 y_y^2 + 2y_z - \exp(\hat{a}_2 \cdot u) + 1$
mit $\boldsymbol{a} = (1; 0{,}5)^T$;
aktive Experimentation, Wiederholversuche
$(s = \|\hat{\boldsymbol{a}} - \boldsymbol{a}\|^{1/2})$

1.2. Schätzalgorithmen

1.2.1. Gemittelte MKQ

In [7] wurde ein Parameterschätzverfahren angegeben, dessen Grundgedanke auf die implizite Modellstruktur übertragen wird (im weiteren gemittelte MKQ genannt):

$$\overline{Q}(\hat{\boldsymbol{a}}) = \sum_{i=1}^{k} \bar{\eta}_i^2(\hat{\boldsymbol{a}}) \to 0 \tag{13}$$

mit

$$\bar{\eta}_i(\hat{\boldsymbol{a}}) = \frac{1}{n} \sum_{j=(i-1)n+1}^{i \cdot n} \eta_j , \qquad i = 1 \ldots k .$$

Durch Gruppieren der $N = k \cdot n$ Meßwertpaare (u_j, y_{zj}) zu k Datenblöcken gleicher Mächtigkeit n(k — Anzahl der Parameter, n — ganz) und Mittelung über die zugehörigen Modellfehlerwerte η_j wird aus einem überbestimmten ein bestimmtes Gleichungssystem, das durch Gl. (13) gelöst werden kann. Ebenso wie die der MKQ sind die Schätzungen $\hat{\boldsymbol{a}}$ der gemittelten MKQ weder erwartungstreu noch konsistent [6], jedoch kann durch die Mittelung ein gewisser Störungsausgleich erwartet werden.

1.2.2. Gemittelte MKQ mit Rückverschiebung (RV)

Durch Kombination des Verfahrens der gemittelten MKQ mit der Strategie „Rückverschiebung" (vgl. dazu Eigenschaft Gl. (11)) wird das Verfahren der gemittelten MKQ mit RV vorgeschlagen:

$$\overline{Q}(\hat{\boldsymbol{a}}) = \sum_{i=1}^{k} \bar{r}_i^2(\hat{\boldsymbol{a}}) \to 0 , \tag{14}$$

mit

$$\bar{r}_i(\hat{\boldsymbol{a}}) = \frac{1}{n} \sum_{j=(i-1)n+1}^{i \cdot n} r_j , \qquad i = 1 \ldots k .$$

Unter den in Abschn. 1.1. genannten Voraussetzungen sind die Schätzungen der gemittelten MKQ mit RV konsistent und asymptotisch erwartungstreu [6].

2. Erprobung der Algorithmen

2.1. Konstruiertes Beispiel

Zunächst sollen die Algorithmen an einem speziellen konstruierten Modell (Bild 2), bei dem die quadratische Näherung Gl. (7) der Modellfunktion exakt gilt, erprobt werden. Durch Simulation wurden aktiv experimentierte Meßdaten erzeugt und die Ausgangswerte durch $\mathcal{N}(0, \sigma_z^2)$-verteilte, unkorrelierte Störwerte z überlagert (Störung mittlerer Intensität: Aussteuerbereich der ungestörten Ausgangsgröße $-0{,}528 \leqq y \leqq 1{,}117$; Streuung der Störung $\sigma_z = 0{,}1$).

Primär soll die Frage untersucht werden: Wie verhalten sich die vorgeschlagenen Schätzverfahren gegenüber der MKQ? Dazu wurde eine Identifikationsreihe von $N = 4$ bis 500 durchgeführt. Bild 2 zeigt die Verläufe des Abstandes s der geschätzten Parameter $\hat{\boldsymbol{a}}$ von den wahren Werten $\boldsymbol{a}$. Für alle drei Verfahren wurde jeweils identisches Datenmaterial verwendet. Als bedeutsamstes Ergebnis wird festgestellt, daß der systematische Schätzfehler durch die beiden Mittelungsverfahren für wachsende N stark reduziert wird. Während die MKQ-Schätzergebnisse sich für große Werte N auf einen Fehlerabstand s von über 0,4 „einschwingen", bleiben die Schätzfehler bei den anderen Verfahren kleiner als 0,05; diese liefern also im statistischen Sinne asymptotisch wesentlich bessere Parameterschätzungen. Die Ursache ist ein gewisser Störungsausgleich durch die Mittelung innerhalb der eingeführten Datengruppen.

Zur Herausarbeitung der Eigenschaft der (näherungsweisen) Konsistenz von Schätzungen der gemittelten MKQ mit RV und zur Differenzierung der beiden Mittelungsverfahren wurde die Meßwertzahl auf $N = 1500$ weiter erhöht. Dabei zeigt sich, daß die Schätzfehler s der betrachteten Verfahren, besonders für $N > 1000$, kaum noch schwanken; der Schätzfehler der gemittelten MKQ mit RV wird in Näherung zu Null (d. h. $\hat{\boldsymbol{a}} \approx \boldsymbol{a}$). Dagegen ist für die gemittelte MKQ das Verbleiben eines Restfehlers typisch, er kann jedoch wesentlich kleiner sein als jener der MKQ (im Beispiel etwa 1/6 bis 1/7).

Bei Durchführung einer entsprechenden Identifikationsreihe auf der Basis passiv experimentierten Datenmaterials konnten die erhaltenen Ergebnisse bestätigt werden.

Im folgenden soll nun das charakteristische Schätzverhalten der Verfahren (nur MKQ und gemittelte MKQ mit RV) für praktisch endliche Wertepaaranzahl ($N = 100$) bei mehreren unterschiedlichen Störrealisierungen betrachtet werden. Dazu wurden dem simulierten ungestörten Datenmaterial 50 verschiedene Störrealisierungen überlagert. Die geschätzten Parameter $\hat{\boldsymbol{a}}$ zeigt Bild 3. Es wird eine systematische Verschiebung der MKQ-Punktwolke zu niedrigeren Parameterwerten hin deutlich. Demgegenüber liegen alle 50 Kennwertschätzungen der gemittelten MKQ mit RV näher an den wahren Werten $\boldsymbol{a}$; außerdem verteilt sich die Punktwolke um den Punkt $\boldsymbol{a}$ in der Ebene. Nach einer Mittelung aller 50 Parameterschätzungen jedes Verfahrens wurden um diese Mittelwerte durch Parameterlinearisierung die näherungsweisen Verbundkonfidenzbereiche (95%) geschätzt (Bild 3).

Die systematische Verzerrung der MKQ-Schätzungen kommt sehr deutlich dadurch zum Ausdruck, daß sich der wahre

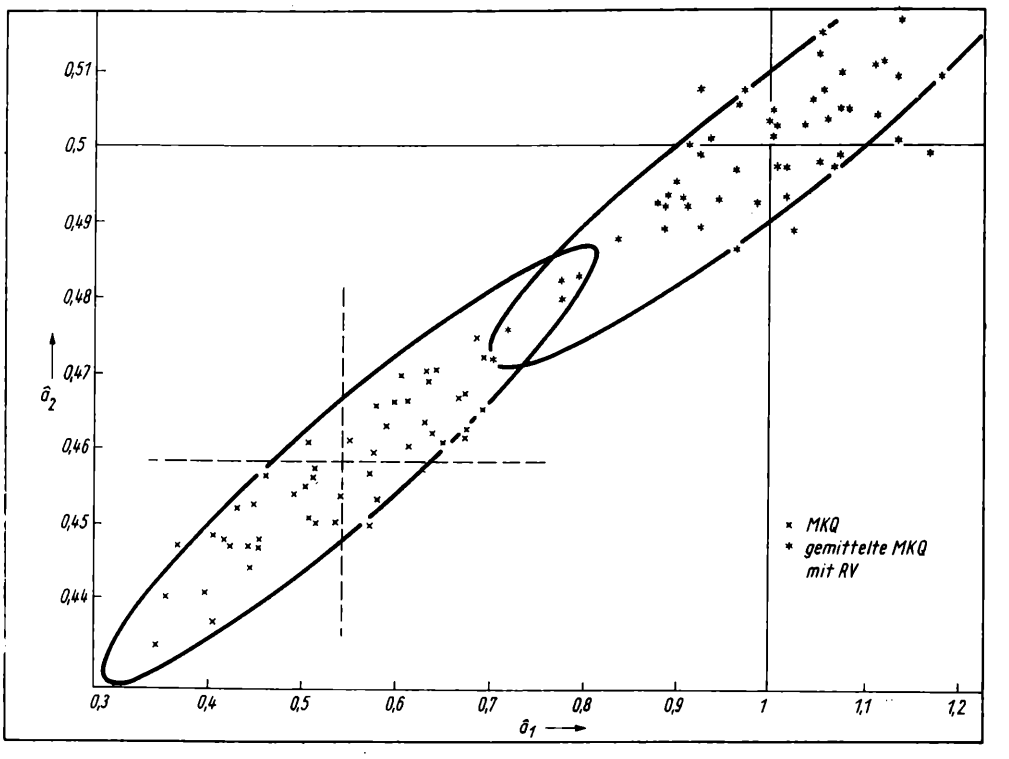


Bild 3. Parameterschätzungen bei fester Meßwertzahl für das konstruierte Modell, N = 100, aktive Experimentation, Wiederholversuche

Punkt a in der Ebene weit außerhalb des geschätzten Konfidenz bereiches mit hoher statistischer Sicherheit befindet. Demgegenüber liegt das entsprechende Vertrauensgebiet beim Rückverschiebungsverfahren nahezu zentriert um die wahren Werte.

2.2. *Verfahrenstechnisches Beispiel*

Das Modell beschreibt in vereinfachter Form einen Stoffumwandlungsprozeß A → B in einem Durchflußrührkessel [1]; es stellt den statischen Zusammenhang zwischen Eingangskonzentration (Stoff A) und Ausgangstemperatur (Stoff B) dar (Bild 4). Bei diesem Modell gilt der quadratische Ansatz (7) nur in Näherung, deshalb müssen die Krümmungskoeffizienten c_2 gemäß Gl. (12) bestimmt werden. Die erzeugten Eingangs/Ausgangsdaten, die sehr stark gestört wurden (Aussteuerbereich der ungestörten Ausgangsgröße $0{,}845 \leqq y \leqq 0{,}915$; Streuung der Störung $\sigma_z = 0{,}01$), simulieren eine passive Experimentierweise.

Zur Bestimmung des asymptotischen Verhaltens der Schätzverfahren MKQ, gemittelte MKQ und gemittelte MKQ mit RV für wachsende Meßwertzahlen wurde eine Identifikationsreihe von $N = 4$ bis 1300 durchgeführt (Bild 4). Da beide Parameter aus physikalischen Gründen nur positive Werte annehmen dürfen, zeigt sich bei diesem Beispiel, daß die typischen systematischen MKQ-Schätzverzerrungen hier zu sinnlosen Schätzungen $\hat{a}_1$ führen; insgesamt weisen die MKQ-Schätzungen die weitaus größeren Schätzfehler auf. Demgegenüber befinden sich die Ergebnisse der gemittelten MKQ ohne/mit RV i. allg. wesentlich näher an den wahren Werten a, vor allem aber innerhalb der sinnvollen Bereiche. Darin liegt eine qualitative Verbesserung dieser Schätzmethoden gegenüber der MKQ; jedoch haben sie untereinander noch Unterschiede in der Güte ihrer Schätzungen für wachsende Werte N. Die gemittelte MKQ liefert im berechneten Beispiel Parameter, die zwar stets besser als jene der MKQ sind, aber auch für große Werte N noch bleibende Abweichungen von den wahren Kennwerten a (dokumentiert Nichtkonsistenz) haben. Dagegen nähern sich beide Parameter bei der gemittelten MKQ mit RV sehr gut den wahren Werten an (weist auf näherungsweise Konsistenz hin).

Insgesamt konnten mit diesem Versuch die bereits am konstruierten Modell gesammelten Erfahrungen und gewonnenen Erkenntnisse auch für einen technisch realen Prozeß bestätigt werden.

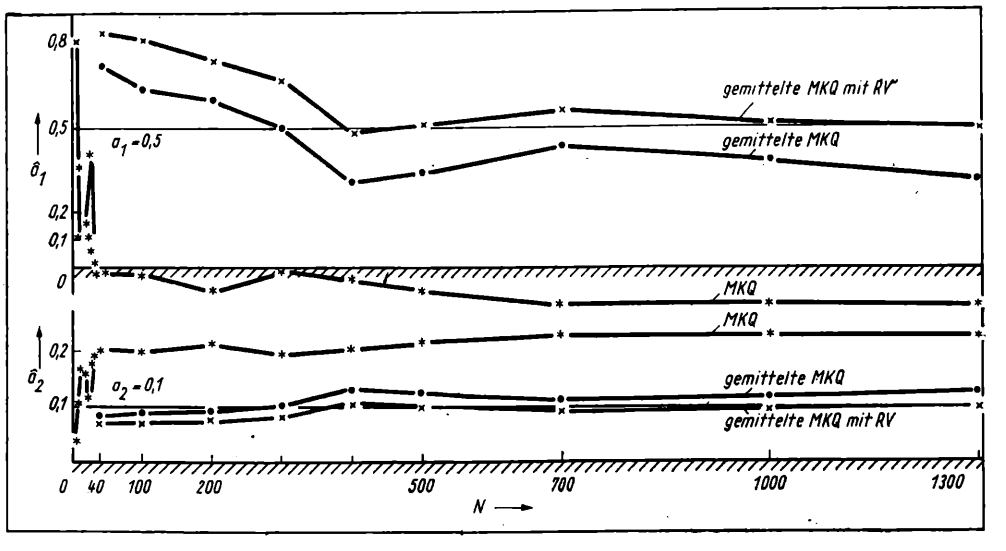


Bild 4. Parameterschätzungen bei variabler Meßwertzahl für das verfahrenstechnische Modell

$$\eta = \left[1 + \hat{a}_2 \cdot \exp\left(\alpha\left(\frac{1}{y_z} - 1\right)\right)\right] \times$$

$$\times \left[y_z(-1 - \hat{a}_1) + \beta\hat{a}_1 + \gamma\right] + \lambda u$$

mit: $a = (0{,}5; 0{,}1)^T$

$\alpha, \beta, \gamma, \lambda$ — bekannte Zahlenwerte

passive Experimentation

Tafel. Anwendungsempfehlungen der Schätzverfahren

Experimentation	Forderung an die Schätzung	Verfahren
aktiv, mit Wiederholversuchen	möglichst genau	Meßwert-Mittelung
passiv oder aktiv, ohne Wiederholversuche	geringe Genauigkeit (z. B. Anfangsschätzung der Parameter)	gemittelte MKQ
	möglichst genau	gemittelte MKQ mit RV

3. Anwendungsempfehlungen

In der Tafel werden, ausgehend von zwei verschiedenen Experimentierbedingungen (Wiederholversuche vorhanden oder nicht), Anwendungsempfehlungen für Identifikationsverfahren gegeben. Bei dem Verfahren der Meßwertmittelung handelt es sich um eine einfache Methode der Störungsreduktion: Die gestörten Meßwerte y_E, die unter gleichen Eingangsbedingungen gemessen wurden (Wiederholversuch), werden vor ihrer Zuführung in einen Schätzalgorithmus (hier MKQ) gemittelt.

Zusammenfassung

Der Beitrag befaßt sich mit der Parameterschätzung von nichtlinearen statischen Modellen in impliziter Form aus stochastisch gestörten Messungen. Die herkömmliche Minimierung der Fehlerquadratsumme (MKQ) führt bei dieser Modellklasse zu systematischen Verzerrungen der geschätzten Parameter. Es werden deshalb Verfahren, die zu gegenüber der MKQ veränderten Schätzungen führen, vorgeschlagen und an konkreten Beispielen erprobt. Die erzielten Schätzergebnisse werden mit denen der MKQ verglichen; sie zeigen, daß die vorgeschlagenen Verfahren im statistischen Sinne bessere Schätzungen liefern können.

Literatur

[1] *Bischoff, H.:* Zur Gewinnung mathematischer Modelle technischer Regelstrecken durch theoretische Prozeßanalyse. Dissertation B, TU Dresden 1975.

[2] *Himmelblau, D. M.:* Process analysis by statistical methods. New York: J. Wiley 1970.

[3] *Isermann, R.:* Prozeßidentifikation. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1974.

[4] *Strobel, H.:* Experimentelle Systemanalyse. Berlin: Akademie-Verlag 1975.

[5] *Buchta, H.:* Versuchsplanung bei korrellierten Störungen. msr 21 (1978) H. 10, S. 546–550.

[6] *Behrens, B.:* Zur Identifikation der Parameter nichtlinearer statischer Modelle mit impliziter Struktur. Dissertation A, TU Dresden 1981.

[7] *Hartley, H. O.; Booker, A.:* Nonlinear least squares estimation. Ann. Math. Statist. 36 (1965) S. 638–650. msr 7593

Dr.-Ing. *J. Wede* und Dr.-Ing. *D. Werner*, Berlin[1])

Entkopplung von nicht selektiv meßbaren Prozeßgrößen unter Verwendung eines optimalen Versuchsplanes am Beispiel eines reduktiven Kupferbades (Teil II) IA 2.6.; 3.2.4.

3.2.5. Durchführung der Messungen

Für die Meßentkopplung des reduktiven Kupferbades ergeben sich für die bereits angeführten Konzentrationsbereiche folgende Zusammenhänge zwischen den standardisierten Variablen und den natürlichen (Konzentrationen) entsprechend Tafel 2.
Der vollständige Box-Hunter-Plan mit den zugehörigen Versuchsergebnissen ist in Tafel 3 dargestellt.
Zur Durchführung der Messungen wurden die Proben entsprechend dem „natürlichen" Versuchsplan angesetzt und dann Extinktion (nach Abschn. 2.4.) und *p*H-Wert (nach Abschn. 2.1.) gemessen. Sowohl beim Ansatz der Proben als auch bei den Messungen wurde großer Wert auf präzise Versuchsbedingungen und Genauigkeit gelegt [1].

3.2.6. Durchführung der Regression und Ableitung der Modellgleichungen

Die zur allgemeinen Form Gl. (17) gehörenden speziellen Strukturansätze für die Abhängigkeiten der Extinktion und des *p*H-Wertes von den Badzustandsgrößen $c_{Cu^{2+}}$, c_{OH^-}, c_{HCHO} und c_{EDTA} lauten

$$E = a_{01} + a_{11}c_{Cu^{2+}} + a_{21}c_{OH^-} + a_{31}c_{HCHO} + a_{41}c_{EDTA} \quad (30)$$

und

$$pH = a_{02} + a_{12}c_{Cu^{2+}} + a_{22}c_{OH^-} + a_{32}c_{HCHO} + a_{42}c_{EDTA} \quad (31)$$

bzw. für die standardisierten Badzustandsgrößen

$$E = \Theta_{01} + \Theta_{11}x_1 + \Theta_{21}x_2 + \Theta_{31}x_3 + \Theta_{41}x_4 \quad (32)$$

und

$$pH = \Theta_{02} + \Theta_{12}x_1 + \Theta_{22}x_2 + \Theta_{32}x_3 + \Theta_{42}x_4 \,. \quad (33)$$

[1]) Teil I erschien im Heft 7/1982.

Mit den in Tafel 3 aufgeführten Größen, den Festlegungen in Gl. (17) und der Parameterschätzgleichung (22) erhält man als Schätzwerte für die Parameter zur Approximationsstruktur (32)

$$\left.\begin{aligned} \hat{\Theta}_{01} &= 1{,}841 \\ \hat{\Theta}_{11} &= 0{,}205\,875 \\ \hat{\Theta}_{21} &= 0{,}052\,791\,6 \\ \hat{\Theta}_{31} &= 0{,}008\,625 \\ \hat{\Theta}_{41} &= 0{,}010\,958\,3 \end{aligned}\right\} \quad (34)$$

und zur Approximationsstruktur (33)

$$\left.\begin{aligned} \hat{\Theta}_{02} &= 12{,}612\,935 \\ \hat{\Theta}_{12} &= -0{,}013\,25 \\ \hat{\Theta}_{22} &= 0{,}108\,416\,6 \\ \hat{\Theta}_{32} &= -0{,}024\,5 \\ \hat{\Theta}_{42} &= -0{,}015\,833\,3 \end{aligned}\right\} \quad (35)$$

Tafel 2. Definition der Variablen für den Box-Hunter-Plan des reduktiven Kupferbades

x_1	$c_{Cu^{2+}}$/Mol/l	x_2	c_{OH^-}/Mol/l	x_3	c_{HCHO}/Mol/l	x_4	c_{EDTA}/Mol/l
+1	0,045	+1	0,3	+1	0,225	+1	0,0575
−1	0,035	−1	0,24	−1	0,175	−1	0,0525
0	0,04	0	0,27	0	0,2	0	0,055
+2	0,05	+2	0,33	+2	0,25	+2	0,06
−2	0,03	−2	0,21	−2	0,15	−2	0,05

Tafel 3. Vollständiger Box-Hunter-Versuchsplan mit standardisierten Eingangsgrößen und Meßergebnissen

	x_1	x_2	x_3	x_4	E	pH
1	1	1	1	1	1,981	12,683
2	1	1	1	−1	1,976	12,718
3	1	1	−1	1	1,979	12,737
4	1	1	−1	−1	1,979	12,747
5	1	−1	1	1	2,147	12,440
6	1	−1	1	−1	2,126	12,486
7	1	−1	−1	1	2,112	12,500
8	1	−1	−1	−1	2,075	12,529
9	−1	1	1	1	1,609	12,698
10	−1	1	1	−1	1,594	12,698
11	−1	1	−1	1	1,582	12,737
12	−1	1	−1	−1	1,578	12,766
13	−1	−1	1	1	1 634	12 481
14	−1	−1	1	−1	1,679	12,537
15	−1	−1	−1	1	1,678	12,543
16	−1	−1	−1	−1	1,632	12,568
17	2	0	0	0	2,230	12,589
18	−2	0	0	0	1,454	12,654
19	0	2	0	0	1,770	12,799
20	0	−2	0	0	2,001	12,348
21	0	0	2	0	1,853	12,578
22	0	0	−2	0	1,815	12,679
23	0	0	0	2	1,859	12,604
24	0	0	0	−2	1,769	12,679
25	0	0	0	0	1,849	12,629
26	0	0	0	0	1,855	12,603
27	0	0	0	0	1,855	12,618
28	0	0	0	0	1,847	12,589
29	0	0	0	0	1,856	12,586
30	0	0	0	0	1,850	12,601
31	0	0	0	0	1,847	12,577

Um die Güte dieser Schätzungen darzustellen und zu ermitteln, inwieweit die geschätzten Parameter signifikant sind, werden die Ergebnisse statistischen Tests unterworfen.

3.2.7. Überprüfung der Modelle mit statistischen Tests

Zur statistischen Modellüberprüfung wurden herangezogen: Reststreuung, Streuung der Parameter, t-Test für eine statistische Sicherheit von 95% und Angabe der Konfidenzintervalle, multiples Bestimmtheitsmaß.
Dies sei zunächst am Beispiel der Extinktion kurz dargestellt.

a) Extinktion

1. Reststreuung

$$S_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (E_{\text{igem}} - E_{\text{iber}})^2}{n - m - 1}$$

E_{igem} gemessene Extinktion entsprechend Tafel 3;
E_{iber} über die Gln. (32) und (34) berechnete Extinktion; n Anzahl der Versuchsplanpunkte; m Anzahl der Variablen

$$\curvearrowright S_{R_1}^2 = \frac{0{,}026\,553\,6}{31 - 4 - 1} = 0{,}001\,021\,2$$

2. Streuung der Parameter

Mit

$$(\boldsymbol{M}^T\boldsymbol{M})^{-1} = \begin{bmatrix} n^{-1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (2^m + 2\alpha^2)^{-1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (2^m + 2\alpha^2)^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (2^m + 2\alpha^2)^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (2^m + 2\alpha^2)^{-1} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{31} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{24} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{24} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{24} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{24} \end{bmatrix}.$$

ergibt sich für die Streuung der Parameter:

$$S_{\Theta_{01}}^2 = S_{R_1}^2 \cdot \tfrac{1}{31} = 0{,}000\,032\,9 \curvearrowright S_{\Theta_{01}} = 0{,}005\,735\,8$$

$$S_{\Theta_{11}}^2 = S_{\Theta_{21}}^2 = S_{\Theta_{31}}^2 = S_{\Theta_{41}}^2 = S_{R_1}^2 \cdot \tfrac{1}{24} = 0{,}000\,042\,5$$

$$\curvearrowright S_{\Theta_{11}} = S_{\Theta_{21}} = S_{\Theta_{31}} = S_{\Theta_{41}} = 0{,}006\,519\,2$$

3. t-Test für eine statistische Sicherheit von 95%

Nach [7] ist der tabellierte t-Wert für 95%ige Sicherheit ($\hat{=}$ einer zweiseitigen Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha_p = 0{,}05$) bei $k = 26$ Freiheitsgraden, der als Minimum für Signifikanz anzusehen ist

$$t(\alpha_p; k) = t(0{,}05; 26) = 2{,}06\,.$$

Damit ergibt der t-Test für die Parameter

$$\hat{t}_{\Theta_{01}} = \frac{|\hat{\Theta}_{01}|}{S_{\Theta_{01}}} = 320{,}966\,56 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{11}} = \frac{|\hat{\Theta}_{11}|}{S_{\Theta_{11}}} = 31{,}579\,795 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{21}} = \frac{|\hat{\Theta}_{21}|}{S_{\Theta_{21}}} = 8{,}097\,864\,7 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{31}} = \frac{|\hat{\Theta}_{31}|}{S_{\Theta_{31}}} = 1{,}323\,015 < 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{41}} = \frac{|\hat{\Theta}_{41}|}{S_{\Theta_{41}}} = 1{,}680\,927\,1 < 2{,}06\,.$$

Dies heißt also, daß die Parameter Θ_{01}, Θ_{11} und Θ_{21} signifikant geschätzt wurden; die Parameter Θ_{31} und Θ_{41} erweisen sich als nicht signifikant und wurden folglich im weiteren vernachlässigt.
Die Konfidenzintervalle für die signifikanten Parameter werden entsprechend

$$\hat{\Theta} - \hat{t}_{\Theta}(\alpha_p; k) \cdot S_{\Theta} \leqq \Theta \leqq \hat{\Theta} + \hat{t}_{\Theta}(\alpha_p; k) \cdot S_{\Theta}$$

berechnet, wobei ein Konfidenzintervall den wahren Regressionskoeffizienten Θ mit der Wahrscheinlichkeit $P = 1 - \alpha_p$ überdeckt. Das entspricht einer statistischen Sicherheit von $P \cdot 100\%$.

Für $P = 0{,}95$ ergibt sich:

$$\hat{\Theta}_{01}: \quad 1{,}829\,184\,3 \leqq \Theta_{01} \leqq 1{,}852\,815\,7$$

$$\hat{\Theta}_{11}: \quad 0{,}192\,445\,5 \leqq \Theta_{11} \leqq 0{,}219\,304\,5$$

$$\hat{\Theta}_{21}: \quad -0{,}066\,221\,1 \leqq \Theta_{21} \leqq -0{,}039\,362\,1\,.$$

Als signifikante Schätzgleichung läßt sich zunächst

$$E = 1{,}841 + 0{,}205\,875x_1 - 0{,}052\,791\,6x_2 \qquad (36)$$

festhalten.

b) pH-Wert

In gleicher Weise wurden die Tests für die pH-Wert-Gleichung (33) vorgenommen. Deshalb werden hier nur die Ergebnisse zusammengestellt.

1. Reststreuung

$$S_{R_2}^2 = 0{,}000\,477\,2$$

2. Streuung der Parameter

$$S_{\Theta_{02}} = 0{,}003\,911\,5$$

$$S_{\Theta_{12}} = S_{\Theta_{22}} = S_{\Theta_{32}} = S_{\Theta_{42}} = 0{,}004\,449\,7\,.$$

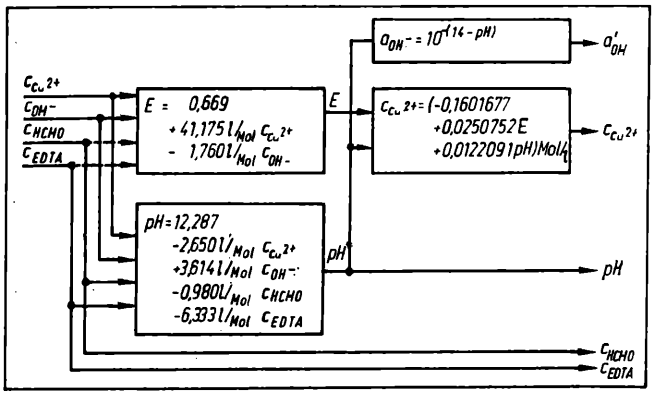


Bild 5. Ergebnis der Meßentkopplung

3. t-Test für eine statistische Sicherheit von 95%

$$\hat{t}_{\Theta_{02}} = 3224{,}5775 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{12}} = 2{,}977\,728\,88 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{22}} = 24{,}364\,923 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{32}} = 5{,}505\,989\,1 > 2{,}06$$

$$\hat{t}_{\Theta_{42}} = 3{,}558\,284\,8 > 2{,}06\,.$$

Es wurden also alle Parameter signifikant geschätzt, und die zugehörigen Konfidenzintervalle lauten

$$\hat{\Theta}_{02}: \quad 12{,}604\,874 \leqq \Theta_{02} \leqq 12{,}620\,992$$

$$\hat{\Theta}_{12}: \quad -0{,}022\,416\,3 \leqq \Theta_{12} \leqq -0{,}004\,083\,7$$

$$\hat{\Theta}_{22}: \quad 0{,}099\,250\,3 \leqq \Theta_{22} \leqq 0{,}117\,582\,9$$

$$\hat{\Theta}_{32}: \quad -0{,}033\,666\,3 \leqq \Theta_{32} \leqq -0{,}015\,333\,7$$

$$\hat{\Theta}_{42}: \quad -0{,}024\,999\,6 \leqq \Theta_{42} \leqq -0{,}006\,667\,.$$

Als signifikante Schätzgleichung erhält man damit

$$pH = 12{,}612\,935 - 0{,}013\,25x_1 + 0{,}108\,416\,6x_2 - \\ - 0{,}0245x_3 - 0{,}015\,833\,3x_4\,. \qquad (37)$$

Die Gln. (36) und (37) sollen noch mit dem multiplen Bestimmtheitsmaß getestet werden, das die „Straffheit" des hier linear angenommenen Zusammenhanges zwischen den Eingangsgrößen und der betreffenden Ausgangsgröße angibt. Nach [7] ist es definiert als

$$B_{y,x_1,\ldots,x_m} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}\left[\hat{\Theta}_1 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(x_{1i} - \bar{x}_1) + \right. \\ \left. + \ldots + \hat{\Theta}_m \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(x_{mi} - \bar{x}_m)\right]$$

mit

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{1i}$$

$$\vdots$$

$$\bar{x}_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{mi}$$

Bezüglich Gl. (36) ergibt das multiple Bestimmtheitsmaß: $B_{E,x_1,x_2} = 0{,}978\,385\,9$ und bezüglich Gl. (37): $B_{pH,x_1,x_2,x_3,x_4} = 0{,}962\,390\,5$.

Nach [7] und [8] sind multiple Bestimmtheitsmaße $\geqq 0{,}9$ als gut, solche $\geqq 0{,}95$ als sehr gut anzusehen. Demzufolge können die beiden gefundenen Schätzgleichungen (36) und (37), auch in Verbindung mit den anderen durchgeführten statistischen Tests, als statistisch sehr gut abgesichert betrachtet werden.

3.3. *Rückrechnung von den Meßgrößen auf die Badgröße* $c_{Cu^{2+}}$

Durch Umstellung von Gl. (37) nach x_2 und Einsetzen dieser Beziehung in Gl. (36) läßt sich x_2, das als standardisierte Variable zur natürlichen c_{OH^-} steht, eliminieren:

$$E = 7{,}982\,651\,7 + 0{,}199\,423\,2x_1 - 0{,}486\,932\,8pH - \\ - 0{,}011\,929\,8x_3 - 0{,}007\,709\,7x_4$$

und nach praktikabler Rundung:

$$E = 7{,}9827 + 0{,}1994x_1 - 0{,}4869pH - 0{,}0119x_3 - \\ - 0{,}0077x_4\,. \qquad (38)$$

Berechnet man mit Hilfe von Gl. (38) und der Werte aus Tafel 3 die Extinktion, so ergibt sich als Restsumme $S_R^2 = 0{,}000\,649\,4$, die also im Vergleich zu der zu den Gln. (32) und (34) gehörenden kleiner geworden ist.

Im Bestreben, bei aller gebotenen Genauigkeit zu einem möglichst einfachen Zusammenhang zu gelangen, wurde nun auf x_2 und x_3 verzichtet, da die zugehörigen Parameter sehr klein sind

$$E = 7{,}9827 + 0{,}1994x_1 - 0{,}4869pH\,. \qquad (39)$$

Die zugehörige berechenbare Restsumme $S_R^2 = 0{,}000\,501\,7$ ist überraschenderweise noch kleiner geworden, der Ansatz liefert folglich noch bessere Ergebnisse.

Mit Gl. (23) und Tafel 2 erhält man

$$x_1 = \frac{c_{Cu^{2+}} - 0{,}04\ \text{Mol/l}}{0{,}005\ \text{Mol/l}} = 200\ \text{l/Mol}\ (c_{Cu^{2+}} - 0{,}04\ \text{Mol/l})\,,$$

und nach Einsetzen in Gl. (39) und Umstellung nach $c_{Cu^{2+}}$ ist dann mit

$$c_{Cu^{2+}} = (-0{,}160\,167\,7 + 0{,}025\,075\,2E \\ + 0{,}012\,209\,1pH)\ \text{Mol/l} \qquad (40)$$

die Rückrechnung auf die Badgröße Kupferionenkonzentration und damit die Lösung der Meßentkopplungsaufgabe gelungen. Gleichung (40) diente bei den dynamischen Badmessungen in [1] zur Ermittlung der Kupferionenkonzentration im reduktiven Kupferbad. Den Sachverhalt der Meßentkopplung verdeutlicht Bild 5. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Gültigkeit von Gl. (40) auf das Gebiet innerhalb der Grenzen des Versuchsplanes beschränkt bleibt, daß aber andererseits auch damit der sinnvolle Arbeitsbereich des reduktiven Kupferbades überdeckt ist. In anderen Eingangsgrößenbereichen können sich u. U. bei gleichem Approximationsansatz ganz andere Parameter ergeben.

4. Diskussion der Ergebnisse

Die Gültigkeit von Gl. (40) im Versuchsplangebiet bei der angegebenen konstanten Temperatur von 25 °C ist statistisch sehr gut gesichert. Man hat damit eine praktikable Meßmethode für die nicht selektiv meßbare Kupferionenkonzentration zur Hand. Allerdings kann es im reagierenden reduktiven Kupferbad bei Langzeitarbeit zu Abweichungen der so gemessenen Kupferionenkonzentration von der tatsächlichen (z. B. durch Wägung der abgeschiedenen Kupfermenge ermittelten) kommen, da sich das Bad mit Nebenprodukten anreichert [1] und [9], die als Eingangsgrößen im Versuchsplan nicht enthalten waren. Hier böten sich weiterführende Untersuchungen an, in denen man z. B. Natriumsulfat als relevanten Vertreter der Nebenprodukte als zusätzliche Variable in den Versuchsplan aufnimmt. Eine andere Möglichkeit wäre die Einführung der Baddichte in den Versuchsplan. Sie wäre durch die Zugabe von Natriumsulfat einstellbar.

(Fortsetzung auf Seite 434)

Doz. Dr.-Ing. *F. Bernhard* und Dr.-Ing. *G. Noack*, Ilmenau[1])

Berechnung des Temperatur-Übergangsverhaltens einfacher, inhomogener Körper

IA 2.6.2.2.; 3.2.3.1.

0. Einleitung

Die Lösungsfunktionen der Fourierschen Differentialgleichung zur Wärmeleitung in einfachen homogenen Körpern (Kugel, Platte, Zylinder) bei Randbedingungen 3. Art liegen grafisch in allen Grundlagenwerken zur Wärmeübertragung vor, z. B. [1] und [2]. Die Lösungsfunktionen für Mitte ($r/R = 0$) und Oberfläche ($r/R = 1$) des unendlich langen Zylinders werden in [3] und [4] als Modellfunktionen für die Approximation des dynamischen Verhaltens von Berührungsthermometern benutzt.

Die genaueren numerischen Werte der Zeitkonstanten, Amplitudenkoeffizienten und Zeitprozentkennwerte $t_{10} \dots t_{90}$ dieser Übergangsfunktionen in [5] und [6] können zur exakten Bestimmung der Genauigkeit verschiedener Approximationsmodelle für das dynamische Verhalten benutzt werden [7] und [8].

Bei der Berechnung des Temperatur-Übergangsverhaltens geschichteter, inhomogener Körper führt der analytische Lösungsweg ohne Diskretisierung des Ortes und der Zeit zu einer Vielzahl komplizierter Lösungsgleichungen [9].

Auf der Grundlage der elektro-thermischen Analogie werden RC-Netzwerke häufig zur Modellierung von Wärmetransport- und Temperaturausgleichsvorgängen benutzt. Bei komplizierten, räumlichen Strukturen werden reale RC-Modelle, die sogenannten Beuken-Modelle benutzt, deren Verhalten meßtechnisch bestimmt wird [10].

Bei Vorliegen von Symmetriebedingungen bzw. bei ausreichend großer räumlicher Ausdehnung in einer oder zwei Koordinatenrichtungen reicht ein eindimensionales RC-Modell, eine n-gliedrige RC-Kette als Modell, aus. Mit einem relativ geringen Rechenaufwand können die Übertragungsfunktionen bzw. Übergangsfunktionen dieser Modelle berechnet werden.

Die Modellierung des realen thermischen Objektes durch eine endliche RC-Kette stellt eine örtliche Diskretisierung dar. Eine zusätzliche zeitliche Diskretisierung ermöglicht die Behandlung von verschiedenen Wärmequellen und -senken, die Berücksichtigung beliebiger Anfangstemperaturverteilungen und einer Zeit- bzw. Temperaturabhängigkeit der thermischen Widerstände und Kapazitäten. Die Lösung liegt aber nicht als analytischer

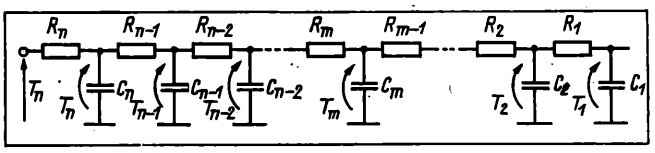


Bild 1. n-gliedrige RC-Kette

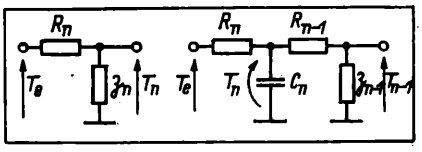


Bild 2. Ersatzschaltbilder einer n-gliedrigen RC-Kette ▶

Ausdruck, sondern als Folge von Einzelwerten vor [11]. Sie ist aus Stabilitätsgründen bei expliziten Differenzenverfahren [12] und aus Konvergenzgründen bei impliziten Verfahren [13] rechenzeitaufwendig.

Die Berechnung von Übertragungsfunktionen und Übergangsfunktionen aus den thermischen Widerständen R_l und Wärmekapazitäten C_l einer n-gliedrigen RC-Kette für ein beliebiges Glied der Kette liefert eine analytische Lösung, hat aber auch anwendungstechnische Einschränkungen gegenüber der rein numerischen Rechenmethode.

1. Übertragungsfunktionen einer n-gliedrigen RC-Kette

Für die Behandlung von Temperaturausgleichsvorgängen, z. B. für das dynamische Verhalten von Berührungsthermometern, interessieren die Übertragungsfunktionen

$$G_{m,n}(p) = \frac{T_m(p)}{T_e(p)}, \qquad m = 1, \dots, n, \tag{1}$$

am Knoten m einer n-gliedrigen RC-Kette nach Bild 1.

Aus den Ersatzschaltbildern nach Bild 2 folgt:

$$G_{n,n}(p) = \frac{\vartheta_n}{R_n + \vartheta_n}, \tag{2}$$

$$G_{n-1,n}(p) = \frac{\vartheta_n}{R_n + \vartheta_n} \cdot \frac{\vartheta_{n-1}}{R_{n-1} + \vartheta_{n-1}}, \tag{3}$$

$$G_{m,n}(p) = \frac{\vartheta_n}{R_n + \vartheta_n} \cdot \frac{\vartheta_{n-1}}{R_{n-1} + \vartheta_{n-1}} \cdots \frac{\vartheta_m}{R_m + \vartheta_m} \tag{4}$$

und schließlich

$$G_{1,n}(p) = \frac{\vartheta_n}{R_n + \vartheta_n} \cdot \frac{\vartheta_{n-1}}{R_{n-1} + \vartheta_{n-1}} \cdots \frac{\vartheta_m}{R_m + \vartheta_m} \times \times \frac{\vartheta_{m-1}}{R_{m-1} + \vartheta_{m-1}} \cdots \frac{\vartheta_1}{R_1 + \vartheta_1}, \tag{5}$$

$$= \prod_{i=1}^{n} \frac{\vartheta_i}{R_i + \vartheta_i}. \tag{6}$$

Aus den Gln. (4) und (5) ergibt sich:

$$G_{m,n}(p) = \frac{G_{1,n}(p)}{G_{1,m-1}(p)}. \tag{7}$$

Die Übertragungsfunktionen $G_{1,k}$ haben die allgemeine Form

$$G_{1,k}(p) = \frac{1}{N_k(p)} \tag{8}$$

---

[1]) Mitteilung aus der TH Ilmenau, Sektion Techn. und Biomedizin. Kybernetik, und Institut für Information, Erfindungswesen und Recht.

(Fortsetzung von Seite 433)

Literatur

[1] *Wede, J.; Werner, D.:* Ein Beitrag zur Ermittlung einer Modellbildungsstrategie für reduktive Kupferbäder auf der Grundlage von Parameterschätzverfahren. Dissertation A. Humboldt-Universität zu Berlin 1979.

[2] *Lukes, R. M.:* The Chemistry of the Autocatalytic Reduction of Copper by Alkaline Formaldehyd. Plating (1964) H. 11 (November).

[3] *Wede, J.; Wernær, D.:* Möglichkeiten rekursiver Regressionsmethoden bei Verwendung einfachster Testsignale. msr 24 (1981) H. 12, S. 676–685.

[4] *Herrmann, G.:* Die kontinuierliche laufende Titration als Meßverfahren für die Regelung von chemischen Größen. Metalloberfläche – Angewandte Elektrochemie 26 (1972) H. 9, S. 334–337.

[5] *Bandemer, H.; Bellmann, A.; Jung, W.; Richter, K.:* Optimale Versuchsplanung. Berlin: Akademie-Verlag 1976.

[6] *Box, G. E. P.; Hunter, J. S.:* Multi-factor experimental design for exploring response surfaces. Ann. Math. Stat. 28 (1957) S. 195–241.

[7] *Storm, R.:* Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1972.

[8] *Kaplick, K.; Lorenz, G.:* Experimentelle Verfahren zur Prozeßanalyse. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1973.

[9] *Hirohata, H.; Oita, M.; Honjo, K.:* Investigation on Automatic Regulation of Concentration in Electroless Copper Plating Bath, Studies on Electroless Plating (Part 3). (in Jap.) Metalloberflächentechnik 21 (1970) H. 3, S. 142 to 146.

msr 7630

mit

$$N_k(p) = a_{0,k} + a_{1,k}p + a_{2,k}p^2 + \\ + \dots + a_{k-1,k}p^{k-1} + a_{k,k}p^k . \quad (9)$$

Mit diesem Nennerpolynom bekommt Gl. (7), d. h. die allgemeine Form der Temperatur-Übertragungsfunktion für einen beliebigen Knoten einer n-gliedrigen RC-Kette folgende Form:

$$G_{m,n}(p) = \frac{T_m(p)}{T_e(p)} = \frac{N_{m-1}(p)}{N_n(p)} =$$

$$= \frac{a_{0,m-1} + a_{1,m-1}p + a_{2,m-1}p^2 + \dots + a_{m-1,m-1}p^{m-1}}{a_{0,n} + a_{1,n}p + a_{2,n}p^2 + \dots + a_{n-1,n}p^{n-1} + a_{n,n}p^n} . \quad (10)$$

2. Algorithmus für die Berechnung der Polynomkoeffizienten

Die Koeffizienten $a_{j,k}$ der Nennerpolynome $N_k(p)$ sind Funktionen der R_i und C_i mit $i = 1, \dots, k$.
Nach den Gln. (5) und (6) gilt:

$$G_{1,k}(p) = \frac{\mathfrak{Z}_k}{R_k + \mathfrak{Z}_k} \cdot G_{1,k-1}(p) , \quad (11)$$

$$N_k(p) = \frac{\mathfrak{Z}_k + R_k}{\mathfrak{Z}_k} \cdot N_{k-1}(p) = N_{k-1}(p) + \frac{R_k}{\mathfrak{Z}_k} \cdot N_{k-1}(p) . \quad (12)$$

Aus Bild 2 läßt sich ableiten:

$$\frac{1}{\mathfrak{Z}_k} = pC_k + \frac{1}{R_{k-1} + \mathfrak{Z}_{k-1}} . \quad (13)$$

In Verbindung mit Gl. (12) erhält man mit

$$\frac{1}{\mathfrak{Z}_k} = pC_k + \frac{1}{\mathfrak{Z}_{k-1}} \cdot \frac{N_{k-2}(p)}{N_{k-1}(p)} \quad (14)$$

folgende Beziehung für die Berechnung von $N_k(p)$:

$$N_k(p) = N_{k-1}(p) + pR_kC_kN_{k-1}(p) + \frac{R_k}{\mathfrak{Z}_{k-1}} \cdot N_{k-2}(p) . \quad (15)$$

Bei weiterer Anwendung der Gl. (14) auf $\mathfrak{Z}_{k-1}$, $\mathfrak{Z}_{k-2}$ usw. läßt sich Gl. (15) auch in folgender Form schreiben:

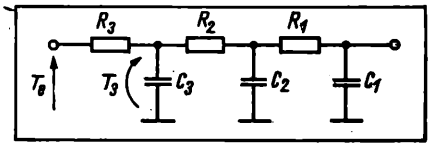
$$N_k(p) = N_{k-1}(p) + pR_kC_kN_{k-1}(p) + \\ + pR_kC_{k-1}N_{k-2}(p) + \dots + pR_kC_2N_1(p) + pR_kC_1 . \quad (16)$$

Unter Benutzung der Schreibweise nach Gl. (9) und bei Zuordnung der einzelnen Terme entsprechend der Potenz des Operators p erhält man für Gl. (16) folgenden Ausdruck:

$$N_k(p) = a_{0,k-1} + a_{1,k-1}p + a_{2,k-1}p^2 + \dots + a_{k-2,k-1}p^{k-2} + a_{k-1,k-1}p^{k-1} \\ + R_kC_ka_{0,k-1}p + R_kC_ka_{1,k-1}p^2 + \dots + R_kC_ka_{k-3,k-1}p^{k-2} + R_kC_ka_{k-2,k-1}p^{k-1} + R_kC_ka_{k-1,k-1}p^k \\ + R_kC_{k-1}a_{0,k-2}p + R_kC_{k-1}a_{1,k-2}p^2 + \dots + R_kC_{k-1}a_{k-3,k-2}p^{k-2} + R_kC_{k-1}a_{k-2,k-2}p^{k-1} \\ + R_kC_{k-2}a_{0,k-3}p + R_kC_{k-2}a_{1,k-3}p^2 + \dots + R_kC_{k-2}a_{k-3,k-3}p^{k-2} \\ \dots \\ + R_kC_2a_{0,1}p + R_kC_2a_{1,1}p^2 \\ + R_kC_1a_{0,0}p$$

$$N_k(p) = a_{0,k} + a_{1,k}p + a_{2,k}p^2 + \dots + a_{k-2,k}p^{k-2} + a_{k-1,k}p^{k-1} + a_{k,k}p^k . \quad (17)$$

Bild 3. 3gliedrige RC-Kette



Aus der Summation der $k + 1$ Zeilen ist folgendes allgemeines Bildungsgesetz für die Koeffizienten $a_{i,k}$ ableitbar:

$$a_{i,k} = a_{i,k-1} + R_k \sum_{j=i}^{k} C_j \cdot a_{i-1,j-1} \quad (18)$$

mit den Zusatzbedingungen $a_{i,k} = 0$ für $i > k$

$$a_{1,k} = a_{0,k} = 1 . \quad (19)$$

Mit diesem Algorithmus ist eine einfache programmierte Ermittlung der Zähler- und Nennerpolynome der Übertragungsfunktionen (7) von beliebig langen RC-Ketten aus den R_i und C_i, beginnend mit R_1 und C_1, möglich.

3. Beispiel

Für die einfache RC-Kette nach Bild 3 liefert die Anwendung der Rekursionsgl. (18) folgende Ausdrücke:

$$N_1(p) = 1 + a_{11}p \\ = 1 + pR_1C_1 \quad (20)$$

$$N_2(p) = 1 + a_{12}p + a_{22}p^2 \\ = 1 + [a_{11} + R_2(C_1 + C_2)]\,p + R_2C_2a_{11}p^2 \\ = 1 + [R_1C_1 + R_2(C_1 + C_2)]\,p + R_1C_1R_2C_2p^2 \quad (21)$$

$$N_3(p) = 1 + a_{13}p + a_{23}p^2 + a_{33}p^3 \\ = 1 + [a_{12} + R_3(C_1 + C_2 + C_3)]\,p + \\ + [a_{22} + R_3(C_2a_{11} + C_3a_{12})]\,p^2 + R_3C_3a_{22}p^3 \\ = 1 + [R_1C_1 + R_2(C_1 + C_2) + R_3(C_1 + C_2 + C_3)]\,p \\ + [R_1C_1R_2C_2 + R_1C_1C_2R_3 + R_1C_1R_3C_3 + \\ + R_2C_2R_3C_3]\,p^2 + R_1C_1R_2C_2R_3C_3p^3 . \quad (22)$$

Die Übertragungsfunktion $G_{3,3}(p)$ bekommt folgende Form:

$$G_{3,3}(p) = \frac{T_3(p)}{T_e(p)} = \frac{N_2(p)}{N_3(p)} = \frac{1 + a_{12}p + a_{22}p^2}{1 + a_{13}p + a_{23}p^2 + a_{33}p^3} , \quad (23)$$

4. Berechnung der Übergangsfunktionen

Durch Berechnung der Nullstellen der Zähler- und Nennerpolynome und Anwendung des Vietaschen Wurzelsatzes erhält man für die allgemeine Übertragungsfunktion (10) den Ausdruck:

$$G_{m,n}(p) = \frac{T_m(p)}{T_e(p)} = \frac{(1+p\tau_{v1})(1+p\tau_{v2})\dots(1+p\tau_{v,m-1})}{(1+p\tau_1)(1+p\tau_2)(1+p\tau_3)\dots(1+p\tau_n)} = \frac{\prod_{j=1}^{m-1}(1+p\tau_{v,j})}{\prod_{i=1}^{n}(1+p\tau_i)} \quad (24)$$

mit n Trägheitszeitkonstanten τ_i (den Zeitkonstanten von $G_{1,n}$) und $m-1$ Vorhaltezeitkonstanten $\tau_{v,j}$ (den Zeitkonstanten von $G_{1,m-1}$).

Zur Transformation der Gl. (24) in den Zeitbereich findet man in [14] für die Übergangsfunktion eines Systems mit der Übertragungsfunktion

$$G(p) = \frac{G_1(p)}{G_2(p)}, \quad (25)$$

wenn $G_1(p)$ nur einfache Pole hat, von denen keiner im Nullpunkt liegt, den allgemeinen Ansatz

$$h(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot e^{p_i t} \quad (26)$$

mit

$$A_0 = \frac{G_1(0)}{G_2(0)} \quad \text{und} \quad A_i = \frac{G_1(p)}{p_i \cdot \left.\frac{dG_2(p)}{dp}\right|_{p=p_i}}. \quad (27)$$

Wendet man diesen Lösungsansatz auf die allgemeine Übertragungsfunktion (24) an, erhält man das Bildungsgesetz für die entsprechende allgemeine Übertragungsfunktion für den Knoten m einer n-gliedrigen RC-Kette

$$h_m(t) = 1 - \sum_{i=1}^{n} A_{i,m} \cdot e^{-t/\tau_i}. \quad (28)$$

Die Amplitudenkoeffizienten $A_{i,m}$ werden aus den Trägheits- und Vorhaltzeitkonstanten nach folgender Gleichung berechnet:

$$A_{i,m} = \frac{\prod_{j=1}^{n-1}(\tau_i - \tau_{v,j})}{\prod_{\substack{k=1 \\ k\neq i}}^{n}(\tau_i - \tau_k)} \quad \text{mit} \quad \tau_{v,j} = 0 \quad \text{für} \quad j > m-1. \quad (29)$$

5. Programmschritte

Die Gln. (18) und (29) sind die Grundlage für eine algorithmische Berechnung der Übergangsfunktionen bzw. von Zeitprozentkennwerten solcher Funktionen für einfache, inhomogene Körper. Die in den nächsten Abschnitten dargestellten Beispiele wurden mit Programmen für den Digitalrechner Odra 1204 und den programmierbaren Taschenrechner TI 59 berechnet. Diese bestehen aus folgenden Hauptschritten:

(1) Aufteilung des Körpers in n Schichten unter Berücksichtigung seiner thermischen Struktur und des Ortes, dessen Übergangsfunktion interessiert. Damit sind der Grad des Nennerpolynoms (n) und des Zählerpolynoms ($m-1$) der Übertragungsfunktion $G_{m,n}$ festgelegt.

(2) Berechnung der R_i und C_i aus den geometrischen Daten, den thermischen Stoffwerten und den Wärmeübertragungsbedingungen.

(3) Algorithmische Berechnung der Koeffizienten $a_{i,m-1}$ und $a_{i,n}$ von $N_{m-1}(p)$ und $N_n(p)$ nach Gl. (18).

(4) Berechnung der Nullstellen über Standardprogramme.

(5) Berechnung der Trägheitszeitkonstanten τ_i aus den Nullstellen des Nennerpolynoms $N_n(p)$ und der Vorhaltezeitkonstanten τ_{vj} aus den Nullstellen des Zählerpolynoms $N_{m-1}(p)$.

(6) Berechnung der Koeffizienten $A_{i,m}$ der Übergangsfunktion nach Gl. (29).

(7) Berechnung einzelner Werte der Übergangsfunktion $h_m(t)$ oder von Zeitprozentwerten $t_{x,m}$ aus der Nullstelle der Gleichung $h_m(t_{x,m}) - x = 0$.

6. Berechnung der R_i und C_i eines n-schichtigen Zylinders

Zur Berechnung der thermischen Widerstände R_i bzw. der Wärmekapazitäten C_i für die Längeneinheit eines unendlich langen, inhomogenen n-schichtigen Zylinders aus den Begrenzungsradien r_i der einzelnen konzentrisch angeordneten Schichten, der Wärmeleitfähigkeit λ_i, der spezifischen Wärme c_i und der Dichte ϱ_i entsprechend dem Bild 4 werden folgende Gleichungen benutzt:

$$R_n = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_n} \cdot \ln \frac{2r_n}{r_n - r_{n-1}} \quad (30)$$

$$R_m = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_{m+1}} \cdot \ln \frac{r_{m+1} + r_m}{2r_m} - \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_m} \cdot \ln \frac{r_m + r_{m-1}}{2r_m}, \quad m = 2, \dots, n-1 \quad (31)$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln \frac{r_2 + r_1}{2r_1} - \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_1} \cdot \ln 0{,}5, \quad (32)$$

$$C_m = \pi \cdot (r_m^2 - r_{m-1}^2) \cdot c_m \cdot \varrho_m \cdot \quad m = 1, \dots, n \quad (33)$$

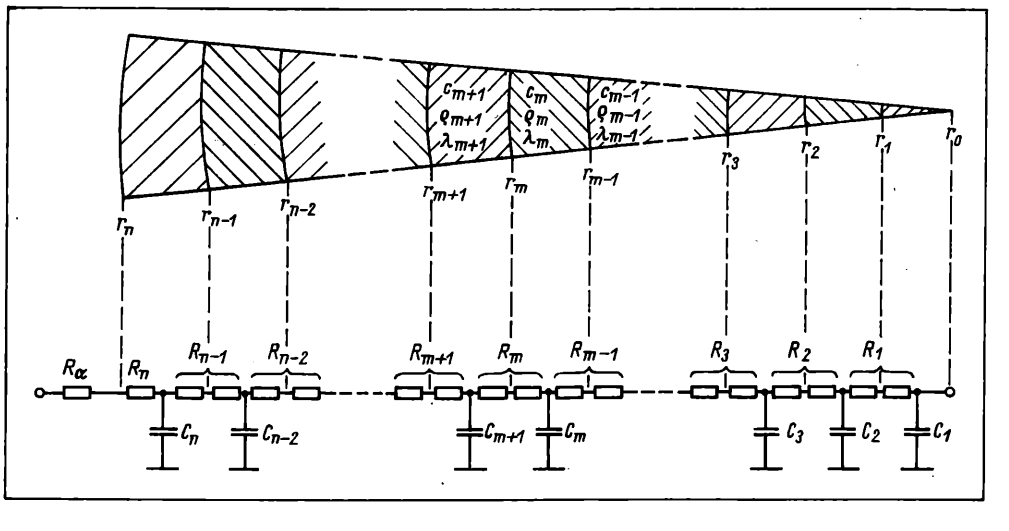


Bild 4. Inhomogener, n-schichtiger Zylinder

Tafel 1. Thermische Widerstände und Wärmekapazitäten eines sechsschichtigen homogenen Zylinders

i	1	2	3	4	5	6	
r_i	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	m
$R_i \cdot \pi$	0,693147	0,346574	0,202733	0,143841	0,085925	0,025647	K/W
C_i/π	0,01	0,08	0,16	0,24	0,32	0,19	Ws/K

Tafel 2. Zeitkonstanten der Übertragungsfunktionen $G_{1,1}$ ... $G_{1,6}$ eines sechsschichtigen homogenen Zylinders

	$G_{1,1}$	$G_{1,2}$	$G_{1,3}$	$G_{1,4}$	$G_{1,5}$	$G_{1,6}$
τ_1	0,006931	0,032144	0,067274	0,115895	0,161625	0,178717
τ_2	—	0,005979	0,015587	0,024906	0,033895	0,037247
τ_3	—	—	0,005945	0,012545	0,016218	0,017461
τ_4	—	—	—	0,005943	0,011206	0,011554
τ_5	—	—	—	—	0,005943	0,005943
τ_6	—	—	—	—	—	0,003613

Tafel 3. Trägheitszeitkonstanten für endliche Wärmeübergangszahlen eines sechsschichtigen homogenen Zylinders

	$\alpha = 0{,}1$		$\alpha = 1$		$\alpha = 10$	
T_1	5,133134	+ 0,14%	0,641160	+ 1,11%	0,216788	+ 2,98%
T_2	0,070613	+ 5,09%	0,063693	+ 6,00%	0,043915	+11,3 %
T_3	0,023208	+14,7 %	0,022542	+15,4 %	0,019440	+23,1 %
T_4	0,012820	+32,9 %	0,012673	+33,7 %	0,012010	+43,7 %
T_5	0,008815	+56,7 %	0,008524	+53,0 %	0,006438	+25,2 %
T_6	0,005943	+61,2 %	0,005943	+62,3 %	0,005943	+72,0 %

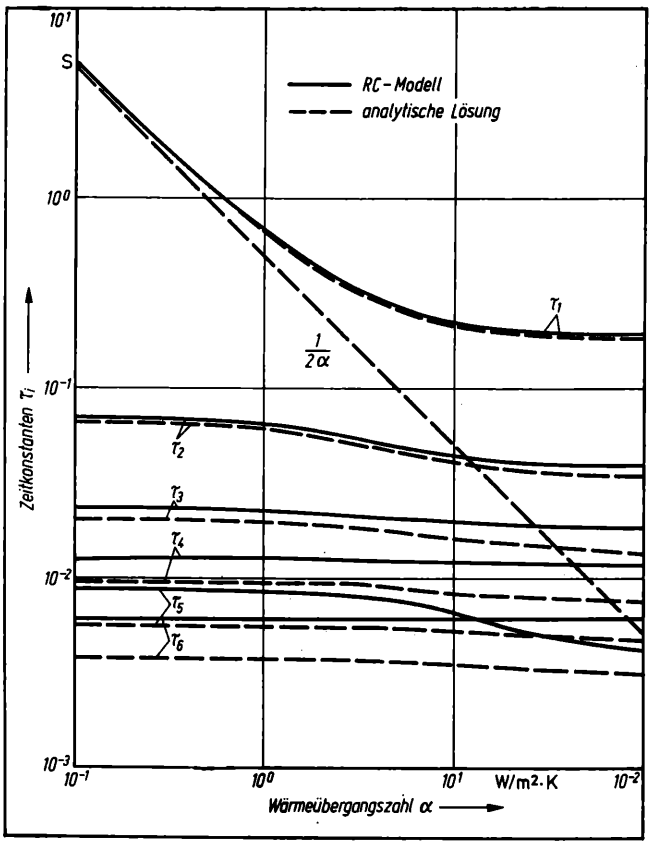


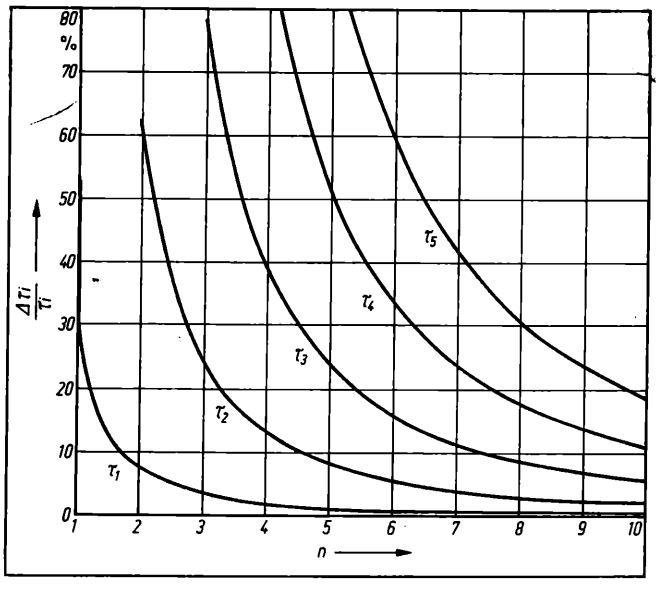
Bild 5. Abhängigkeit der Zeitkonstanten τ_1 ... τ_6 eines homogenen Zylinders von der Wärmeübergangszahl ▶

Bei der Berechnung des dynamischen Verhaltens der Temperatur des Zylinders bei äußerem konvektiven Wärmeübergang kommt jeweils zum Widerstand R_n noch der konvektive Wärmeübergangswiderstand R_α hinzu:

$$R_\alpha = \frac{1}{2\pi \cdot r_n \cdot \alpha}. \tag{34}$$

Bild 7. Relative Abweichungen der Zeitprozentwerte der Übergangsfunktionen des RC-Modells ($n = 6$) eines homogenen Zylinders von denen der analytischen Lösung ▶

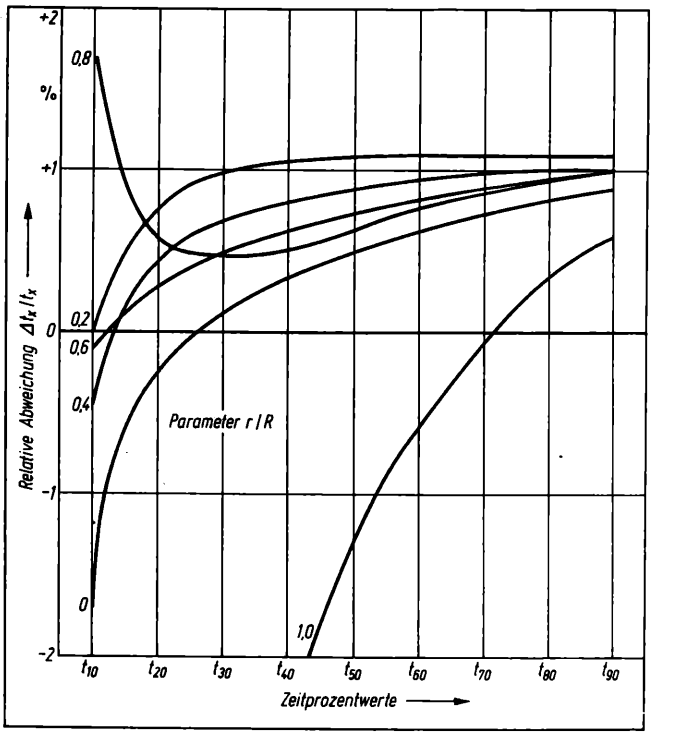
Bild 6. Relative Abweichung der Zeitkonstanten des RC-Modells eines n-schichtigen homogenen Zylinders von den Zeitkonstanten der analytischen Lösung ($n \to \infty$) für $Bi = 1$



7. Kontrollrechnung für einen homogenen Zylinder

Zur Kontrolle der angegebenen Beziehungen und der für eine bestimmte Diskretisierung erreichbaren Approximationsgenauigkeit wurden die Übergangsfunktionen für einen sechsschichtigen homogenen Zylinder berechnet. Die gewählten Radien und die mit $\lambda = 1$ W/m · K, $c = 1$ Ws/K · kg und $\varrho = 1$ kg/m³ berechneten R_i und C_i können Tafel 1 entnommen werden.

Die Begrenzungsradien der einzelnen Schichten wurden so gewählt, daß ihre mittleren Radien 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 (0,95) sind



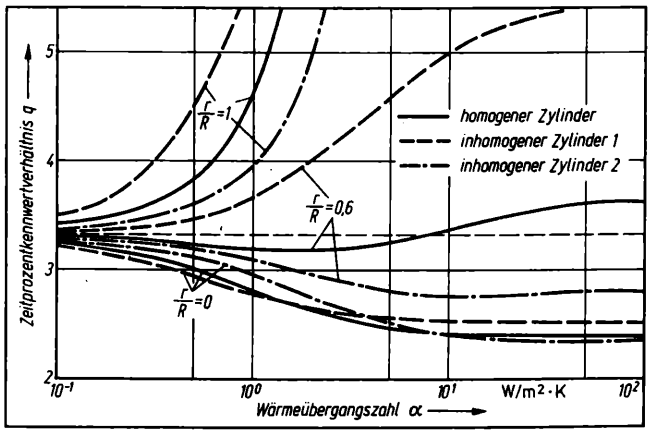


Bild 8. Zeitprozentkennwertverhältnis q der Übergangsfunktion inhomogener Zylinder in Abhängigkeit von der Wärmeübergangszahl

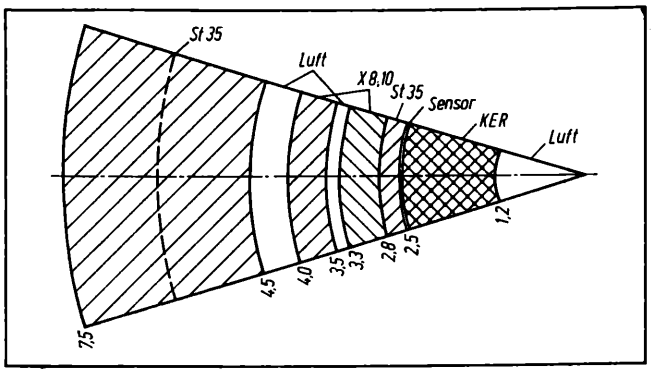


Bild 9. Schnittbild eines zylindrischen, koaxial aufgebauten Widerstandsthermometers
(8-mm-Meßeinsatz mit Meßwiderstand 60 × 5, Schutzrohr 15 × 3)

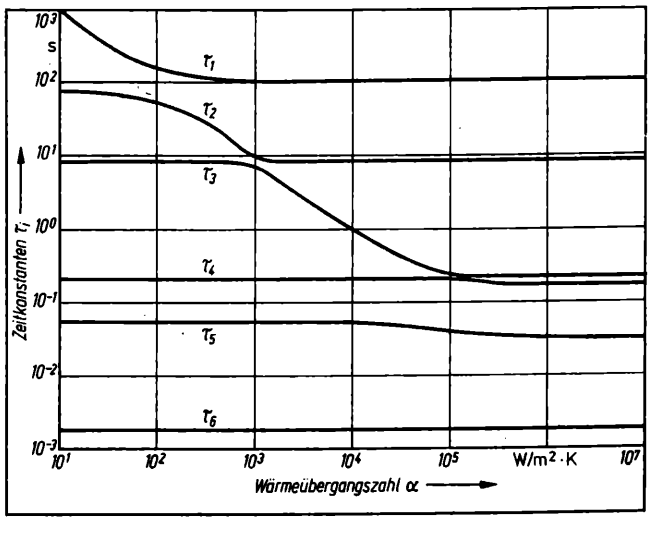


Bild 10. Berechnete Zeitkonstanten für das Widerstandsthermometer nach Bild 9 in Abhängigkeit von der Wärmeübergangszahl

und die berechneten Zeitprozentwerte mit den numerischen Werten der analytischen Lösung für die relativen Radien $r/R = 0$; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 in [5] verglichen werden können.

In Tafel 2 sind die aus den Daten der Tafel 1 berechneten Zeitkonstanten τ_i der Übertragungsfunktionen $G_{1,1}(p)$ ... $G_{1,6}(p)$ angegeben.

Die Werte der rechten Spalte ($G_{1,6}$) sind dabei die Trägheitszeitkonstanten der Übertragungsfunktionen für einen unendlich guten äußeren Wärmeübergang ($\alpha \to \infty$, $R_\alpha \to 0$).

Für ausgewählte endliche Wärmeübergangszahlen α ergeben sich für den sechsschichtigen homogenen Zylinder die in Tafel 3 dargestellten Trägheitszeitkonstanten. Zusätzlich sind deren relative Fehler im Vergleich zu den ersten sechs Zeitkonstanten der exakten analytischen Lösung [5] und [6] angegeben.

Diese Fehler werden sowohl von der Wärmeübergangszahl α bzw. der Biotzahl Bi als auch vom örtlichen Diskretisierungsgrad des Modells, d. h. der Anzahl n der Schichten, beeinflußt. Im Bild 5 ist der Verlauf der Zeitkonstanten $\tau_1 \ldots \tau_6$ des RC-Modells und der analytischen Lösung über der Wärmeübergangs- bzw. Biotzahl dargestellt.

Bild 6 gibt die Abhängigkeit des relativen Fehlers der Zeitkonstanten $\tau_1 \ldots \tau_5$ von der Anzahl n der Schichten für $\alpha = Bi = 1$ wieder.

Mit den Zeitkonstanten aus der Tafel 2 ($G_{1,1} \ldots G_{1,4}$) als Vorhaltzeitkonstanten und den Zeitkonstanten für $\alpha = 1$ aus der Tafel 3 als Trägheitszeitkonstanten wurden entsprechend der Gl. (29) die Übergangsfunktionen (28) und deren Zeitprozentwerte $t_{10} \ldots t_{90}$ des sechsschichtigen RC-Näherungsmodells des homogenen Zylinders für die relativen Radien $r/R = 0$; 0,2; 0,4; 0,6 und 0,8 bei $\alpha = Bi = 1$ berechnet ($m = 1, \ldots, 5$).

Die Amplitudenkoeffizienten $A_{i,0}$ der Übergangsfunktion für die Zylinderoberfläche ($r/R = 1$) wurden nach zwei Methoden mit identischen Ergebnissen bestimmt. Einmal wurden die Amplitudenkoeffizienten der Übergangsfunktionen für den relativen Radius $r/R = 0{,}95$ ($m = 6$, Vorhaltezeitkonstanten für $G_{1,5}$ aus Tafel 2) mit einem Faktor aus den äußeren thermischen Widerständen multipliziert [10]:

$$A_{1,0} = A_{1,6} \cdot \frac{R_6}{R_6 + R_\alpha}, \tag{35}$$

zum anderen können die Oberflächen-Amplitudenkoeffizienten nach einer modifizierten Form der Gl. (29) berechnet werden:

$$A_{i,0} = \frac{\prod_{j=1}^{n} (\tau_i - \tau_{v,j})}{\prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} (\tau_i - \tau_k) \cdot \tau_i}. \tag{36}$$

Für die $\tau_{v1} \ldots \tau_{v6}$ werden dabei die Zeitkonstanten der rechten Spalte aus Tafel 2 ($G_{1,6}$) benutzt.

Die relativ geringen Abweichungen der aus dem RC-Modell eines sechsschichtigen homogenen Zylinders berechneten Zeitprozentwerte der Übergangsfunktionen für verschiedene relative Radien gegenüber den exakten Werten der analytischen Lösung [5] und [6] zeigen die für die meisten praktischen Anwendungsfälle ausreichende Approximationsgenauigkeit dieses Modells (Bild 7).

8. Anwendung des Rechenverfahrens auf inhomogene Zylinder

Die Anwendung des vorgestellten Algorithmus und der darauf aufbauenden Rechenprogramme auf die Berechnung des Temperatur-Übergangsverhaltens inhomogener Zylinder soll an zwei Beispielen gezeigt werden.

Auf der Grundlage der Daten des homogenen Zylinders aus dem Abschn. 7. wurden die spezifischen Wärmen c_i der einzelnen Schichten so variiert, daß sie sich im Fall 1 wie

$$c_1 : c_2 : c_3 : c_4 : c_5 : c_6 = 1 : 10^{0,2} : 10^{0,4} : 10^{0,6} : 10^{0,8} : 10 \tag{37}$$

und im Fall 2 wie

$$c_1 : c_2 : c_3 : c_4 : c_5 : c_6 = 10 : 10^{0,8} : 10^{0,6} : 10^{0,4} : 10^{0,2} : 1 \tag{38}$$

verhalten.

Die Gesamtwärmekapazität des Zylinders war in beiden Fällen gleich der des homogenen Zylinders. Für diese zwei inhomogenen Zylinder wurde die Abhängigkeit des Zeitprozentkennwertverhältnisses

$$q = \frac{t_{90}}{t_{50}} \tag{39}$$

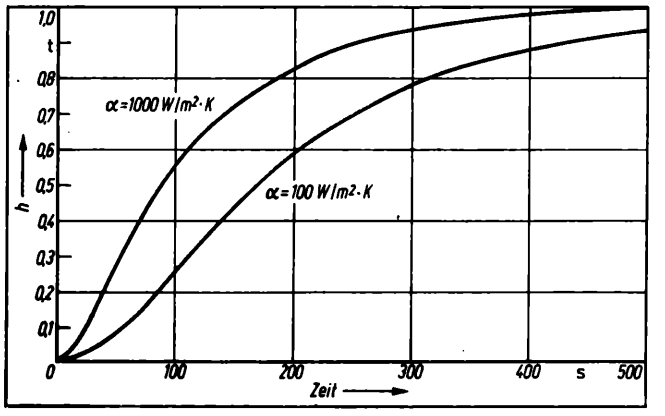


Bild 11. Berechnete Übergangsfunktionen des Widerstandsthermometers nach Bild 9 für zwei Wärmeübergangszahlen

von der Wärmeübergangszahl für verschiedene Radienverhältnisse r/R berechnet und im Bild 8 der Abhängigkeit $q(Bi)$ des homogenen Zylinders gegenübergestellt.

Aus dem im Bild 9 dargestellten Querschnitt durch einen wegen der starken Luftschichten dynamisch ungünstig aufgebauten Temperaturfühler wurde durch Aufteilung des äußeren Schutzrohres in zwei Schichten und Vernachlässigung der Wärmekapazität der Luftschichten ein sechsschichtiges RC-Modell abgeleitet und mit ihm die Abhängigkeit der Zeitkonstanten $\tau_1 \ldots \tau_6$ dieses Temperaturfühlers von der Wärmeübergangszahl (Bild 10) sowie die Übergangsfunktionen für $\alpha = 100$ W/m²K und $\alpha = 1000$ W/m²K (Bild 11) berechnet.

9. Zusammenfassung

Es wurde ein Algorithmus für die Berechnung der Polynomkoeffizienten und der Zeitkonstanten der Übertragungsfunktionen sowie der Amplitudenkoeffizienten der Übergangsfunktionen für n-gliedrige RC-Ketten angegeben, die sich u. a. gut zur Modellierung thermischer Ausgleichsvorgänge in einfachen, inhomogenen Körpern eignen.

Literatur

[1] *Gröber, H.; Erk, S.; Grigull, U.:* Grundgesetze der Wärmeübertragung. Westberlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1963.

[2] *Grigull, U.:* Temperaturausgleich in einfachen Körpern. Westberlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1964.

[3] *Lieneweg, F.:* Handbuch der Technischen Temperaturmessung. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH 1976.

[4] *Hofmann, D.:* Dynamische Temperaturmessung. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.

[5] *Noack, G.; Bernhard, F.:* Numerische Werte der Temperatur-Übergangsfunktionen homogener, unendlich langer Kreiszylinder. Vortrag der wissenschaftlich-technischen Veranstaltung Temperatur 80. Suhl: Kammer der Technik, Bezirksvorstand Suhl 1980.

[6] *Noack, F.; Bernhard, F.:* Tabellen der Temperatur-Übergangsfunktionen homogener, unendlich langer Kreiszylinder. Bericht NV 47/79, TH Ilmenau 1979.

[7] *Bernhard, F.:* Erweiterte Approximationsmodelle für aperiodische Übergangsfunktionen von Berührungsthermometern. Vortrag der wissenschaftlich-technischen Veranstaltung Temperatur 80. Suhl: Kammer der Technik, Bezirksvorstand Suhl, 1980.

[8] *Bernhard, F.:* On the conversibility of dynamic parameters of contact thermometers for other operating conditions. Moskau: ACTA IMEKO Bd. 2 (1979) S. 103–111.

[9] *Tautz, H.:* Wärmeleitung und Temperaturausgleich. Berlin: Akademie-Verlag 1971.

[10] *Schukschunow; Fandejew:* Anwendung von Analogrechnern bei der Untersuchung der dynamischen Eigenschaften von Temperaturfühlern. Elektromechanika (1968) H. 3.

[11] *Brokmann, T.:* Ein numerisches Berechnungsverfahren der Übergangsfunktion von Berührungsthermometern bei konvektivem Wärmeübergang. Dissertation A, TH Ilmenau 1976.

[12] *Schmidt, L.:* Das Differenzenverfahren zur Lösung von Differentialgleichungen der nichtstationären Wärmeleitung, Diffusion und Impulsausbreitung. Forschung Ingenieur-Wesen 13 (1942).

[13] *Crank, S.; Nicolson, A.:* A practical method of numerical evaluation of solution of partial differential equations of the heat conducted type. Prc. Cambridge Phil. Soc. Vol. 43 (1947).

[14] *Vich, R.:* Z-Transformation, Theorie und Anwendung. Berlin: VEB Verlag Technik 1964.

msr 7617

Dipl.-Ing. *K. Sommer* und Dr. sc. techn. *D. Heinze*, Ilmenau[1])

Prinzip der geheizten Taupunktmeßfühler und deren Realisierungsmöglichkeiten

IA 3.2.4.4.

0. Einleitung

Die Gruppe der geheizten Taupunktmeßfühler wurde vor allem durch den einfachen, direkt geheizten LiCl-Taupunktmeßfühler bekannt [1] und [2], dem einzigen Vertreter dieser Gruppe, der breite industrielle Anwendung findet. Seine Vorteile, der sehr einfache Aufbau, die gute Meßgenauigkeit, die Regenerierbarkeit und das elektrische Ausgangssignal, machen ihn zum meist genutzten Feuchtefühler der DDR-Volkswirtschaft [3]. Alle weiteren bekannten Varianten des Meßprinzips sind durchweg komplizierter und wurden in ihrem konstruktiven Aufbau mehr oder weniger vom bekannten direkt geheizten LiCl-Taupunktmeßfühler mit dem Ziel abgeleitet, dessen Hauptnachteile, die Alterung durch elektrolytische Zersetzung und die Abhängigkeit der Fühlertemperatur von der thermischen Belastung des Fühlers [4], zu beseitigen oder zu mindern.

Nachfolgend wird das Wirkungsprinzip der beheizten LiCl-Taupunktmeßfühler herausgearbeitet und die für eine Realisierung notwendige technische Aufgabe gestellt. Die einzelnen Realisierungsmöglichkeiten werden dann, systematisch geordnet, beschrieben und diskutiert.

1. Wirkungsprinzip der beheizten LiCl-Taupunktmeßfühler

Die Grundlage des Wirkungsprinzips im stationären Zustand des Fühlers ist das thermodynamische Gleichgewicht der wäßrigen LiCl-Lösung auf dem Fühler mit dem Wasserdampf im Meßmedium sowie mit dem ungelösten LiCl-Bodenkörper. Nach dem Gibbsschen Phasengesetz [5] ist dieses Gleichgewicht für das reine binäre Dreiphasensystem H_2O-LiCl univariant. Der Dampfdruck über der wäßrigen LiCl-Lösung $e_{w,\,LiCl}$ berechnet sich dann zu

$$e_{w,\,LiCl}(t_F) = e_w(t_F) \cdot a_{w,\,LiCl}(t_F) \,. \qquad (1)$$

Die Temperaturabhängigkeit des Sättigungsdampfdruckes $e_w(t_F)$ kann aus der Clausius/Clapeyron-Gleichung berechnet werden. Konkrete Angaben dazu und zur Wasseraktivität gesättigter LiCl-Lösung $a_{w,\,LiCl}$ finden sich unter anderem in [6] und [7].

Im stationären Gleichgewicht ist der Wasserdampfdruck über dem Elektrolyten des Fühlers bis auf einen geringen, durch den Thermodiffusionseffekt hervorgerufenen Fehler [8] gleich dem des Meßmediums. Aus Bild 1, das die Dampfdruckkurven über Wasser und über gesättigter LiCl-Lösung zeigt, geht hervor, daß die Fühlertemperatur dazu immer über der Temperatur des Meßmediums liegen muß und dann ein Maß für die jeweilige Taupunkttemperatur darstellt.

[1]) Mitteilung aus der TH Ilmenau, Sektion Technische und Biomedizinische Kybernetik, WB Prozeßmeßtechnik.

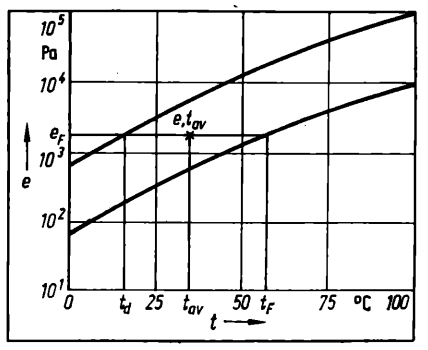


Bild 1. Dampfdruck über Wasser und über gesättigter LiCl-Lösung

Das der Fühlerarbeitsweise zugrunde liegenden Regelprinzip, das die stetige Gleichgewichtstemperatureinstellung bewirkt, ist aus der in [3] angegebenen allgemeinen Modellstruktur zu erkennen (Bild 2): Das Übertragungsglied *1* beschreibt die von der Dampfdruckdifferenz zwischen Fühleroberfläche und Meßmedium abhängige Kondensation und Verdunstung von Wassermolekülen auf der Fühleroberfläche. Die Heizleistung ändert sich näherungsweise proportional mit der Wassermasse m_w (Übertragungsglied 2) und beeinflußt die Fühlertemperatur t_F. Von der Fühlertemperatur hängt der Wasserdampfpartialdruck $e_{w,LiCl}$ über der Fühleroberfläche ab (Gl. (1)). Durch die in der Rückführung des dargestellten Regelkreises liegenden Übertragungsglieder *6* und *7* ist daher die statische Fühlerkennlinie vorgegeben. Nach Bild 2 muß im stationären Gleichgewichtszustand außer dem Dampfdruckgleichgewicht ein Wärmestromgleichgewicht

$$P_H = \dot{Q}_K + \dot{Q}_{Str} \qquad (2)$$

vorhanden sein, d. h., die vom Fühler durch Konvektion und Strahlung abgegebene Wärmemenge muß als elektrische Heizenergie zugeführt werden. Unterschiedliche abgegebene Wärmeströme führen nach dem dargestellten Modell zu unterschiedlichen Wassermassen auf dem Fühler.

Reale LiCl-Taupunktmeßfühler haben ein fehlerhaftes statisches Verhalten [4]. Die Hauptfehlerquellen der realen, einfachen, direkt geheizten LiCl-Taupunktmeßfühler sind die lokal ungleichmäßige Heizleistungserzeugung durch Inhomogenitäten in der Leitwertverteilung und die Erweiterung des univarianten Gleichgewichtes durch zusätzliche Stoffe oder durch auftretende ungesättigte LiCl-Lösung [8]. Alle Fehlerquellen führen zu Abweichungen der Fühlertemperatur von der thermodynamischen Gleichgewichtstemperatur in Abhängigkeit von der aufgenommenen Wassermasse und damit von der thermischen Fühlerbelastung (Abhängigkeit von der Mediumtemperatur t_{av} und von der Wärmeübergangszahl α) [4].

Gegenüber dem einfachen, direkt geheizten Fühler mit konstanter Heizspannung haben weitergehende Realisierungsvarianten daher einen verringerten Wassermassenänderungsbereich, meist dadurch erreicht, daß die Wärmeleistung oder ein Teil davon nicht direkt in der Elektrolytschicht, sondern außerhalb dieser und dann durch zusätzliche Vorrichtungen gebildet wird.

Bei gemischt geheizten Fühlern kann die zusätzliche indirekte Heizeinrichtung von anderen Führungsgrößen als der Wassermasse auf dem Fühler, beispielsweise von der Taupunkttemperatur t_d [9] oder einer Zwischengasraumtemperatur t'_{av} [10], gesteuert werden.

2. Technische Aufgaben zur Realisierung von LiCl-Taupunktmeßfühlern

Ausgehend vom Wirkungsprinzip sind folgende technische Aufgaben bei der Realisierung von LiCl-Taupunktmeßfühlern zu lösen:

1. Örtliche Fixierung der wäßrigen LiCl-Lösung und des Bodenkörpers an der Fühleroberfläche

Die Fixierung erfolgt in textilen Gebilden, vorzugsweise in Glasfasergeweben, wodurch eine gleichmäßige Salz- und Lösungsverteilung, ein guter Stoffaustausch und eine ausreichende Lageunabhängigkeit des Fühlers erreicht werden.

2. Wassermassenabhängige Steuerung der Fühler(haupt)-heizung

Die Indikation der aufgenommenen Wassermasse erfolgt überwiegend über den elektrischen Leitwert; prinzipiell ist sie auch gravimetrisch [1], aber auch z. B. kapazitiv möglich. Die statische Kennlinie $P_H(m_w)$ muß ausreichend steil sein, um für einen weiten Bereich der thermischen Belastung die Existenz gesättigter Lösung zu gewährleisten.

3. Wärmetransport zur Elektrolytschicht und homogene Wärmeverteilung in dieser Schicht

Bei der direkten Heizung fallen Heizeinrichtung und Elektrolytschicht zusammen. Ansonsten sind alle Arten der Wärmeübertragung (Konvektion, Leitung, Strahlung) möglich.

4. Messung der Gleichgewichtstemperatur der Elektrolytschicht

Die Messung soll möglichst in der Elektrolytschicht ohne Wärmeableitung durch die Temperaturmeßeinrichtung erfolgen. Anderenfalls sind Temperaturgradienten zwischen Elektrolytschicht und Meßort durch konstruktive Maßnahmen zu minimieren.

Bei Aufteilung auf mehr als eine Heizeinrichtung kommen folgende technische Aufgaben hinzu:

5. Steuerung der Leistung der zusätzlichen Heizeinrichtung von einer geeigneten Führungsgröße

Bekannt hierfür sind die Wassermasse auf dem Fühler, die Taupunkttemperatur [9] und [11] sowie die Differenztemperatur von Elektrolytschicht und eines Zwischengasraumes [10].

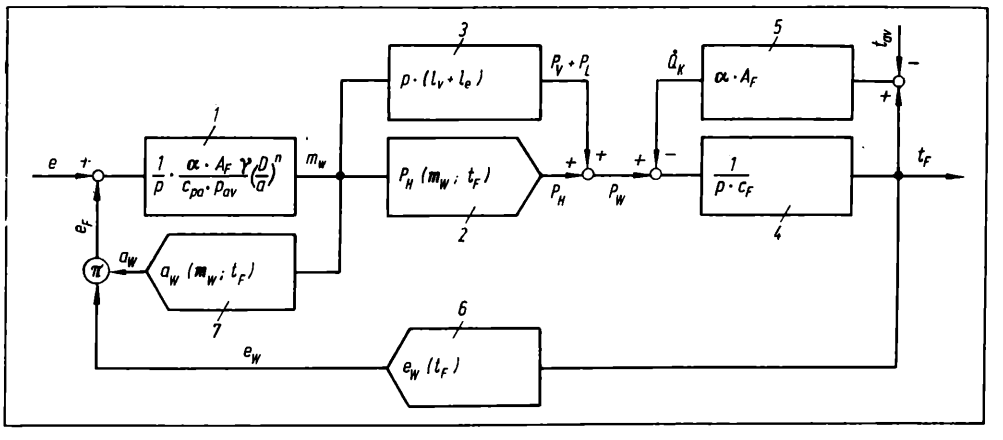
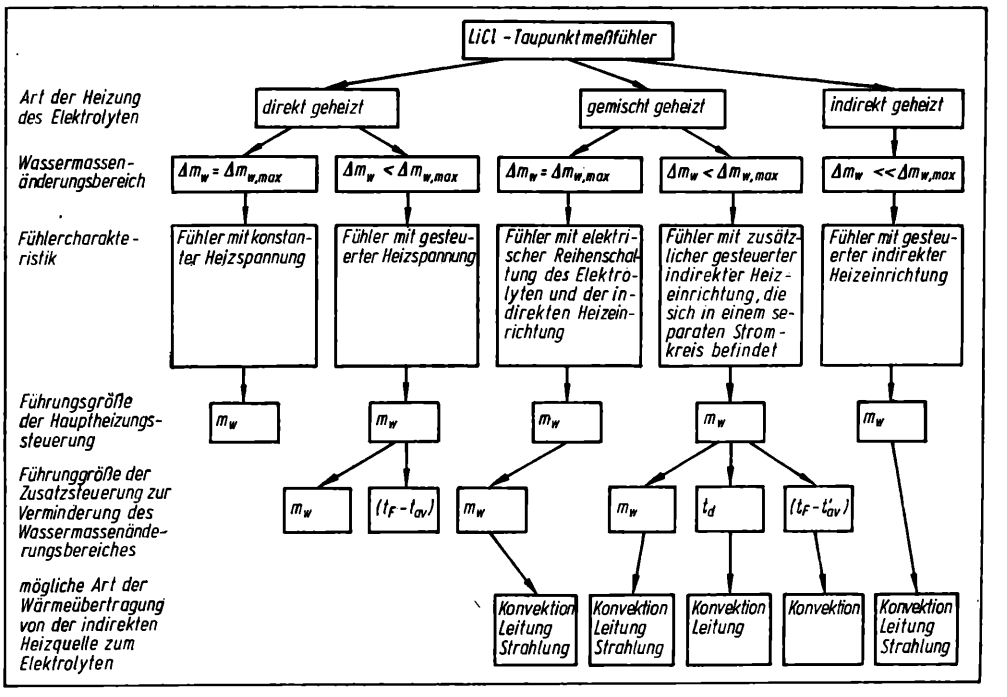


Bild 2. Mathematisches Grundmodell des LiCl-Taupunktmeßfühlers [3]

Bild 3. Systematik der Realisierungsvarianten der LiCl-Taupunktmeßfühler



6. Wärmetransport von der zweiten Heizeinrichtung zur Elektrolytschicht
Er ist durch alle Arten der Wärmeübertragung möglich.

Bei ausschließlich indirekt geheizten Fühlern (direkte Heizung in der Elektrolytschicht vernachlässigbar) sind nur die Aufgaben 1. bis 4. zu lösen.

3. Möglichkeiten der Realisierung von LiCl-Taupunktmeßfühlern

Geht man vom bekannten direkt geheizten LiCl-Taupunktmeßfühler mit konstanter Heizspannung als Bezugssystem aus, so kann man die Realisierungsmöglichkeiten von LiCl-Taupunktmeßfühlern im wesentlichen nach folgenden Gesichtspunkten einordnen:

1. Nach der Art der Heizung des Elektrolyten (direkt: Elektrolyt ist selbst Wärmequelle, Erzeugung Joulescher Wärme $\dot{Q} = P_H = U_H^2 \cdot G_F$; gemischt: Elektrolyt ist nur für einen Teil der gebildeten Wärmeleistung Wärmequelle; indirekt: Elektrolyt ist selbst nicht Wärmequelle.)
2. nach dem Änderungsbereich der Wassermasse Δm_w auf dem Fühler im Vergleich zum Änderungsbereich der Wassermasse $\Delta m_{w,max}$ des einfachen, direkt geheizten Fühlers mit konstanter Heizspannung
3. nach der Führungsgröße der Zusatzsteuereinrichtung zur Verminderung des Wassermassenänderungsbereiches
4. nach der Art des Wärmetransports von der indirekten Heizeinrichtung zur Elektrolytschicht.

Bild 3 zeigt eine entsprechende Systematik von Varianten des LiCl-Taupunktmeßfühlers. Fühleranordnungen mit einer Vorkühlung des Meßmediums wurden dabei außer Betracht gelassen.

3.1. Direkt geheizte LiCl-Taupunktmeßfühler

Die Fühler mit dem vollen Änderungsbereich der Wassermasse stellen die allgemein bekannte und verbreitete Variante des LiCl-Taupunktmeßfühlers mit konstanter Heizspannung dar. Eine Einengung des Wassermassenänderungsbereiches läßt sich über eine Heizspannungssteuerung [12] erreichen. Als Führungsgröße dafür kommen der elektrische Fühlerleitwert oder die Differenz von Fühler und Umgebungstemperatur in Frage. Das Prinzip einer fühlerleitwertabhängigen Steuerung nach [12] ist im Bild 4 wiedergegeben. Es bringt ähnliche Verbesserungen des statischen Verhaltens mit sich wie die Anwendung der gemischten Heizung. Dem Wert der Heizspannung ist jedoch bei etwa 50 V eine obere Grenze gesetzt, die auch den Anwendungsbereich einengt.

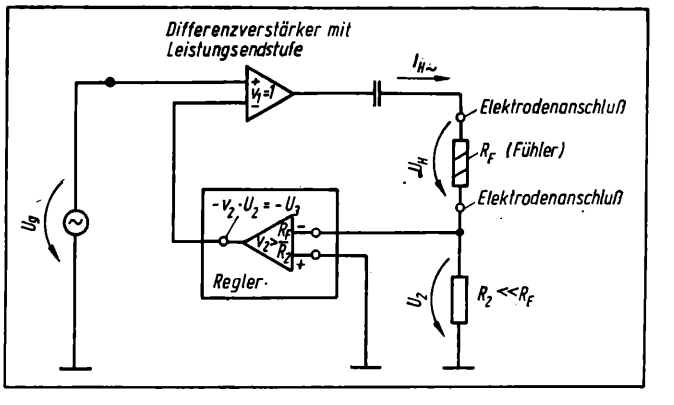


Bild 4. Prinzip des direkt geheizten Fühlers mit gesteuerter Heizspannung nach [12]

3.2. Gemischt geheizte LiCl-Taupunktmeßfühler

Bei gemischt geheizten LiCl-Taupunktmeßfühlern mit vollem Wassermassenänderungsbereich ist die indirekte Heizung elektrisch in Reihe mit der Elektrolytschicht geschaltet. Durch diese Maßnahme wird der Heizstrom und damit die elektrolytische Zersetzung der LiCl-Lösung reduziert. Bekannt ist neben anderen eine Ausführung nach [13].
Bei den gemischt geheizten Fühlern mit eingeschränktem Wassermassenänderungsbereich existieren grundsätzlich mehrere Stromkreise zur Hilfsenergiezufuhr. Als Führungsgröße zur automatischen Steuerung der indirekt wirkenden Heizeinrichtung eignen sich der elektrische Fühlerleitwert, die Taupunkttemperatur und die Temperaturdifferenz von Fühler- und Zwischengasraumtemperatur $(t_F - t'_{av})$. Eine Fühlerausführung

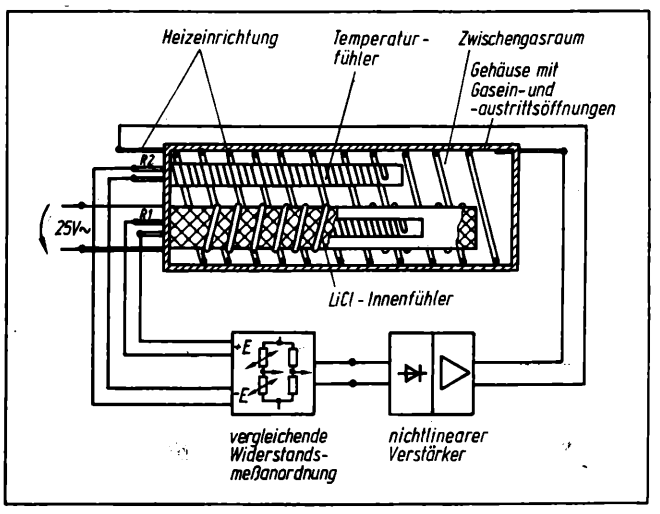


Bild 5. Fühler mit gesteuerter Zwischengasraumtemperatur nach [10]

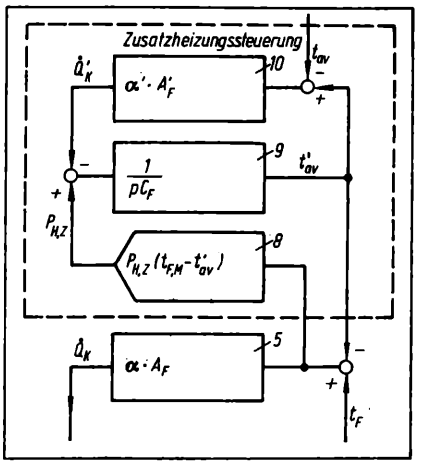


Bild 6. Mathematisches Modell der indirekten Zusatzheizungssteuerung nach Bild 5 ◀

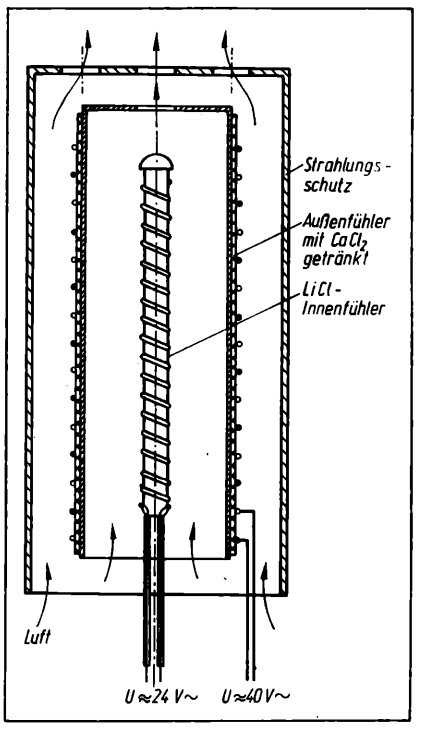


Bild 7. Taupunktmeßfühler mit taupunkttemperaturgesteuerter indirekter Zusatzheizung nach [9]

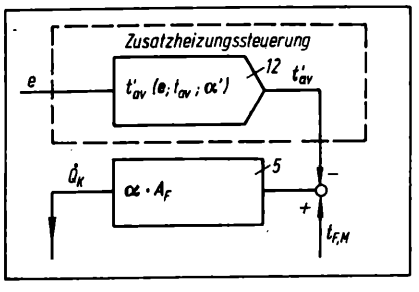


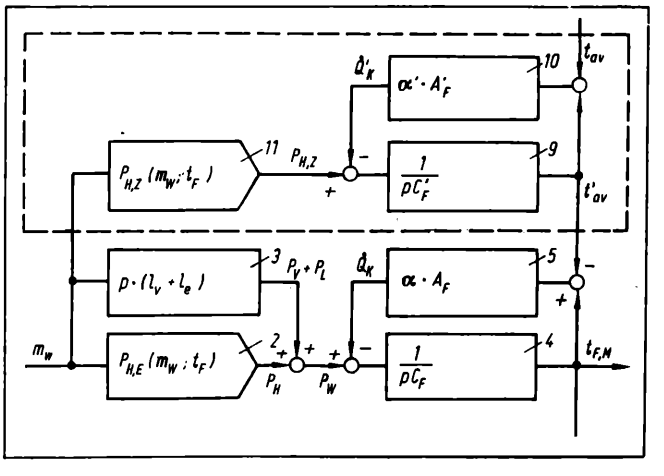
Bild 8. Mathematisches Modell (Ausschnitt) des Fühlers nach Bild 7 ◀

Bild 9. Mathematisches Modell eines gemischt geheizten Fühlers mit Wassermassen-(Leitwert-) gesteuerter indirekter Heizung und konvektiver Wärmeübertragung zur Elektrolytschicht ▼

nach [10], die letztgenannte Führungsgröße verwendet, zeigt Bild 5. Die Fühlertemperatur t_F und die Zwischengasraumtemperatur t'_{av} werden mit Widerstandsthermometern gemessen. Über eine nichtlineare Verstärkeranordnung (zur Vermeidung von Phasenumkehrungen) wird die Heizleistung der indirekten Heizeinrichtung proportional zur Temperaturdifferenz $(t_F - t'_{av})$ gesteuert und die thermische Fühlerbelastung gering und nahezu konstant gehalten. Bild 6 zeigt das vereinfachte zugehörige mathematische Modell. Übertragungsglied *8* beschreibt die Heizleistungssteuerung, Übertragungsglied *10* die konvektive Wärmeabgabe und Übertragungsglied *9* die Wärmekapazität des Außengehäuses mit Heizeinrichtung (Bild 5). Das Prinzip der taupunkttemperaturgesteuerten Zusatzheizung durch einen äußeren Hilfsfühler nach [9] zeigt Bild 7. Der äußere $CaCl_2$-Fühler stellt wie der innere LiCl-Fühler seine Gleichgewichtstemperatur in Abhängigkeit von der Taupunkttemperatur ein, so daß stets eine in etwa konstante Temperaturdifferenz zwischen äußerem und innerem Fühler herrscht. Bild 8 zeigt das vereinfachte zugehörige Modell. Das Übertragungsglied 12 symbolisiert den äußeren Hilfsfühler (indirekte Heizeinrichtung). Ein Wärmetransport durch Strahlung vom äußeren zum inneren Fühler ist wegen der geringen herrschenden Temperaturdifferenz nicht möglich.

Bild 9 zeigt das mathematische Modell eines gemischt geheizten Fühlers mit leitwertgesteuerter indirekter Heizeinrichtung und konvektiver Wärmeübertragung zur Elektrolytschicht, z. B. nach [14]. Übertragungsglied *11* symbolisiert die Zusatzheizungssteuerung.

Bei gemischt geheizten Fühlern mit Wärmetransport durch Wärmeleitung von der indirekten Heizeinrichtung kann vereinfacht mit der Modellergänzung nach Bild 10 gearbeitet werden.



Dabei ist vorausgesetzt, daß die Fühlertemperatur in der Elektrolytschicht t_F identisch mit der Temperatur am Meßfühler $t_{F,M}$ ist.

Da der Gasaustausch mit dem Meßmedium funktionsbedingt nicht völlig unterbunden werden kann und die direkte Heizung, zwar eingeschränkt, weiter wirksam bleibt, kann die Temperaturdifferenz $(t_F - t'_{av})$ bei den Fühlern nach den Bildern 5 und 7 im Realfall nicht unabhängig von der Mediumstemperatur gehalten werden. Unter der Voraussetzung einer gemischten Heizung bleibt auch bei den leitwertgesteuerten Fühlern die Wassermasse von der thermischen Belastung in gewissem Umfang abhängig. Die Reduzierung des statischen Meßfehlers beträgt daher bei den gemischt geheizten Fühlern etwa 40 bis 60% [9] und [15], die Heizstromreduzierung durch die Elektrolytschicht 20 bis

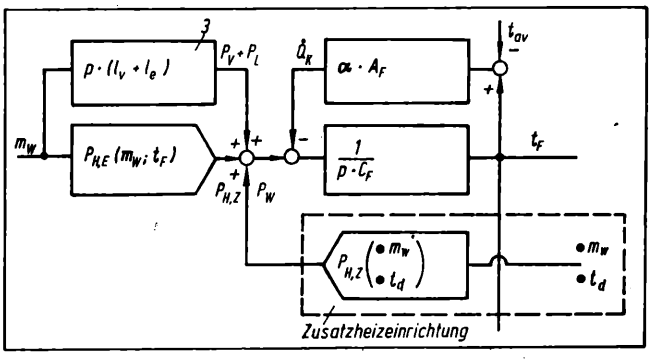
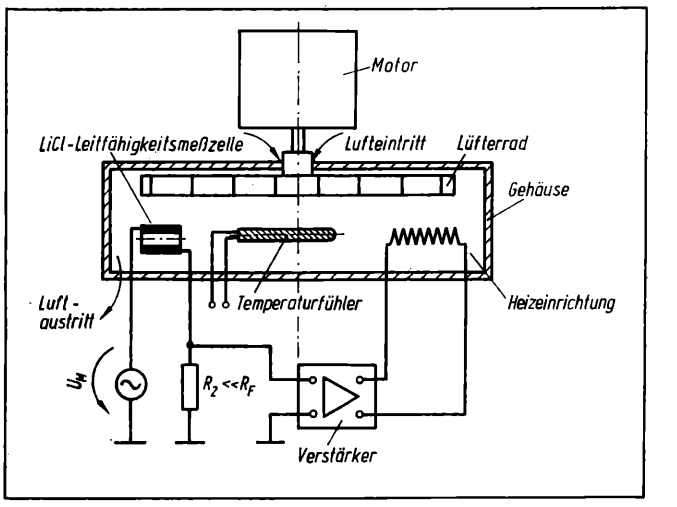


Bild 10. Mathematisches Modell eines gemischt geheizten Fühlers mit Wassermassen-(Leitwert-) gesteuerter und durch Wärmeleitung mit dem Elektrolyten verbundener indirekter Heizung

Bild 11. Indirekt geheizter LiCl-Taupunktmeßfühler nach [16] ▶



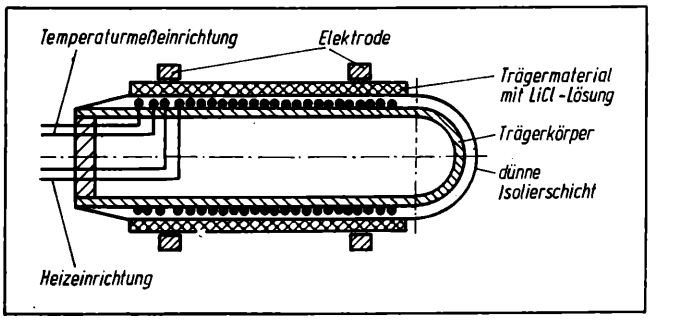


Bild 12. Indirekt geheizter LiCl-Taupunktmeßfühler nach [17]

80%. Zu beachten ist der relativ hohe zusätzliche Aufwand an Steuerungstechnik gegenüber dem direkt geheizten Fühler mit konstanter Heizspannung.

Das des öfteren angewendete Prinzip der konstanten indirekten Zusatzheizung bewirkt nur eine Arbeitspunktverschiebung und ist als einfache Maßnahme für Fühler anwendbar, die grundsätzlich bei sehr hohen relativen Luftfeuchten oder unter hohen Gasdrücken arbeiten.

3.3. Indirekt geheizte LiCl-Taupunktmeßfühler

Die Führungsgröße für die Heizleistungssteuerung bei den indirekt geheizten Fühlern ist grundsätzlich die Wassermasse bzw. der elektrische Leitwert. Demnach liegen die Elektrolytschicht und die Heizeinrichtung stets in getrennten Stromkreisen. Die statische Kennlinie der Heizleistungssteuerung (Übertragungsglied *2* im Bild 2) wird bei den indirekt geheizten Fühlern so ausgelegt, daß der Änderungsbereich der Wassermasse sehr gering wird. Damit hängt der statische Fehler dieser Fühler nur noch von der Salz- und Lösungsverteilung im verwendeten Trägermaterial ab [8]. Der Anwendungsbereich läßt sich bis zu Taupunkttemperaturen unter −40 °C ausdehnen [16]. Bild 11 zeigt eine indirekt geheizte Meßanordnung nach [16], bei der der Wärmeübergang zur Elektrolytschicht konvektiv erfolgt. Zur Verkürzung der Einstellzeit und zur Vermeidung von Temperaturgradienten ist bei dieser Anordnung eine Ventilation vorgesehen. Vereinfacht kann zur Erklärung der Funktionsweise das Modell nach Bild 2 betrachtet werden, wobei das Übertragungsglied *3* zu vernachlässigen ist und die Übertragungsglieder *4* und *5* die Parameter für das Gesamtgerät beinhalten. Eine kompakte Anordnung nach [17] mit Wärmetransport durch Wärmeleitung zur Elektrolytschicht zeigt Bild 12. Die Heizeinrichtung befindet sich elektrisch isoliert unterhalb der Elektrolytschicht. Auch hier kann zur Beschreibung das Grundmodell nach Bild 2 angewendet werden.

Nachteilig ist bei den indirekt geheizten Fühlern wie bei den gemischt geheizten der relativ hohe Aufwand an Steuerungstechnik. Allerdings kann mit indirekt geheizten Fühlern der statische Meßfehler um etwa eine Größenordnung reduziert werden [16].

Zusammenfassung

Grundlage des Wirkungsprinzips der geheizten LiCl-Taupunktmeßfühler ist das univariante Gleichgewicht des binären Dreiphasensystems H_2O-LiCl, wobei Partialdruck und Temperatur in fester Abhängigkeit voneinander variierbar sind. Das Regelprinzip des Fühlers läßt sich mit der zugehörigen Modellstruktur erklären. Wesentlich dafür ist neben dem Dampfdruckgleichgewicht das Wärmestromgleichgewicht des Fühlers.

Für die Realisierung von LiCl-Taupunktmeßfühlern werden im Beitrag technische Aufgaben formuliert, deren Lösung zu Varianten führt, die nach der Art der Heizung, nach dem Änderungsbereich der Wassermasse auf dem Fühler, nach der Führungsgröße der Zusatzsteuerung zur Verminderung des Wassermassenänderungsbereiches und nach der Art des Wärmetransportes systematisch geordnet sind. Die einzelnen Gruppen werden an ausgewählten Beispielen erläutert.

Verzeichnis der verwendeten Symbole

A_F	am Wärme- bzw. Stoffaustausch beteiligte Oberfläche
C_F	Wärmekapazität des Meßfühlers
D	Diffusionskoeffizient
G_F	elektrischer Fühlerleitwert zwischen den Elektrodenanschlüssen
I_H	elektrischer Heizstrom
P_H	elektrische Heizleistung
$P_{H,E}$	Leistung der direkten Heizeinrichtung
$P_{H,Z}$	Leistung der indirekten Heizeinrichtung
P_L	Wärmeleistung infolge Lösung von LiCl in Wasser
P_V	Wärmeleistung infolge Verdunstung oder Kondensation
P_W	gesamte, im Meßfühler gebildete Wärmeleistung
$\dot{Q}$	Wärmestrom
$\dot{Q}_{Str}$	Wärmestrom durch Wärmestrahlung
$\dot{Q}_K$	konvektiv übergehender Wärmestrom
R	elektrischer Widerstand
R_F	elektrischer Fühlerwiderstand ($R_F = G_F^{-1}$)
U	elektrische Spannung
U_H	Heizspannung
U_g	Generatorspannung
a	Temperaturleitzahl der Luft
a_w	Wasseraktivität
$a_{w,LiCl}$	Wasseraktivität gesättigter LiCl-Lösung

c_{pa}	spezifische Wärmekapazität trockner Luft bei konstantem Druck
e	Wasserdampfdruck
e_F	Wasserdampfdruck des Meßfühlers
e_w	Sättigungsdampfdruck über Wasser
$e_{w,LiCl}$	Dampfdruck über gesättigter LiCl-Lösung
l_v	spezifische Verdampfungswärme des Wassers
m_w	Wassermasse
n	Geschwindigkeitsverhältnis
p	Laplace-Operator
p_{av}	Druck feuchter Luft
t_F	Fühlertemperatur, Temperatur der Elektrolytschicht
$t_{F,M}$	Temperatur am Temperaturmeßelement
t_{av}	Temperatur feuchter Luft
t_d	Taupunkttemperatur
v	Verstärkung
α	Wärmeübergangszahl
γ	Molekularmassenverhältnis von Wasserdampf und trockner Luft

Literatur

[1] *Allan, A.; Howe, H.:* Method and Apparatur for Determination the Concentration of Moisture in Materials. US-PS 2359278 (Cl. 73–76).

[2] Firmenschrift: Feutron Baukasten-System Meßfühler und Armaturen für Klimatechnik. VEB Feutron Greiz, Greiz 1979.

[3] *Heinze, D.:* Theoretische Grundlagen und Meßverfahren der Gasfeuchtmeßtechnik. Lehrmaterial. TH Ilmenau 1980.

[4] *Sommer, K.; Heinze, D.:* Das Fehlerverhalten des LiCl-Feuchtefühlers. Wiss. Zeitschr. der TH Ilmenau **26** (1980) H. 4, S. 69–74.

[5] *Lempe, D.; Elsner, N.*, u. a.: Thermodynamik der Mischphasen I. 2. Aufl. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1976.

[6] *Sonntag, D.:* Die gegenwärtig genauesten Zahlenwerte von physikalischen Konstanten und thermodynamischen Größen. Z. f. Meteorologie **29** (1979) H. 1, S. 8–15.

[7] *Greenspan, L.:* Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions. Journ. Research NBS 81A (1977), No. 1, pp. 89–96.

[8] *Sommer, K.:* Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum statischen Verhalten des LiCl-Taupunktmeßfühlers. Bericht. TH Ilmenau 1980.

[9] *Mirtsch, F.:* Entwicklung und Erprobung eines modifizierten LiCl-Taupunkthygrometers. Techn. Messen **47** (1980) H. 5, S. 181–185.

[10] *Sommer, K.; Heinze, D.:* Meßanordnung zur Bestimmung der absoluten Feuchte in Gasen. DD-PS 150943 (G01N 27/12).

[11] *Heinze, D.; Sommer, K.:* Meßanordnung hoher Genauigkeit zur Bestimmung der absoluten Gasfeuchte. DD-PS 150942 (G01N 28/12).

[12] *Heinze, D.:* Verfahren und Vorrichtung zur Verringerung des Meßfehlers beim LiCl-Feuchtefühler. DD-PS 122142 (G01N 27/12).

[13] *Bürkert, C.; Uhl, E.:* Feuchtigkeitsregler. DE-PS 961313 (42i 19/01).

[14] *Maurer, O.:* Einrichtung zur Messung des Wasserdampfanteils in Gasen. DE-OS 2713617 (G01N 25/56).

[15] *Klingebiel, S.:* Experimentelle Untersuchungen am LiCl-Taupunktmeßfühler. Großer Beleg. TH Ilmenau 1980.

[16] *Bachem, C.; John, G.; Rust, G.:* Über ein neues Taupunktmeßgerät. Meteorolog. Rundschau **20** (1967) H. 3, S. 67 und 68.

[17] *Bartholl, H.:* Feuchte-Meßfühler. DE-OS 2416179 (G01N 27/12).

msr 7594

Dr.-Ing. *D. Schwadtke*, Jänschwalde, und Dipl.-Ing. *W.-W. Platz*, Hagenwerder[1])

Betrachtungen zur Methodik der Zuverlässigkeitsarbeit an der Automatisierungstechnik der 500-MW-Blockeinheiten

1A 4.1.4.

0. Einleitung

Eine umfassende und gezielte Zuverlässigkeitsarbeit auf dem Gebiet der Kraftwerksautomatisierung bedarf einer entsprechenden Strategie. Bisher besteht dazu in unserer Republik noch eine Periode des Suchens nach günstigen Wegen und Methoden [3].

Der Energiewirtschaft der DDR ist die Aufgabe gestellt, die energetische Basis durch Steigerung der Erzeugung von Elektroenergie und Erhöhung der Effektivität der Energieumwandlung und -anwendung, in Übereinstimmung mit den Aufgaben der Volkswirtschaft, weiter zu entwickeln. Die Energiewirtschaft hat dabei die Aufgabe, die bedarfsgerechte bzw. planmäßige Versorgung der Bevölkerung und der Volkswirtschaft mit Elektroenergie zu gewährleisten. Durch das physikalisch begründete Phänomen der praktisch zeitgleichen Produktion und des Verbrauches an Elektroenergie bestehen über das System:

Elektroenergieerzeugung (EEE)
↓
Elektroenergieübertragung (EEÜ)
↓
Elektroenergieanwendung (EEA)

extrem funktionelle Abhängigkeiten zwischen Produzenten und Verbraucher wie kaum bei einem anderen Produkt.

Diese kausale Wirkungskette zwischen Produzent und Endverbraucher, ohne die direkte Speichermöglichkeit der Elektroenergie, stellt hohe Anforderungen an die Versorgungssicherheit und die Flexibilität der Elektroenergieerzeugung. Die weitere Steigerung der Erzeugung von Elektroenergie erfolgt im gegenwärtigen und nächsten Zeitraum vorrangig durch Neubaukraftwerke mit 500-MW-Block-Leistungseinheiten auf Rohbraunkohlebasis. Mit dieser festgeschriebenen Zielstellung ist die Realisierung solcher Gebrauchseigenschaften — dabei versteht man unter Gebrauchseigenschaften die Eigenschaften eines Objektes, die zur Erfüllung einer Nutzungsanforderung benötigt werden [2] — wie:

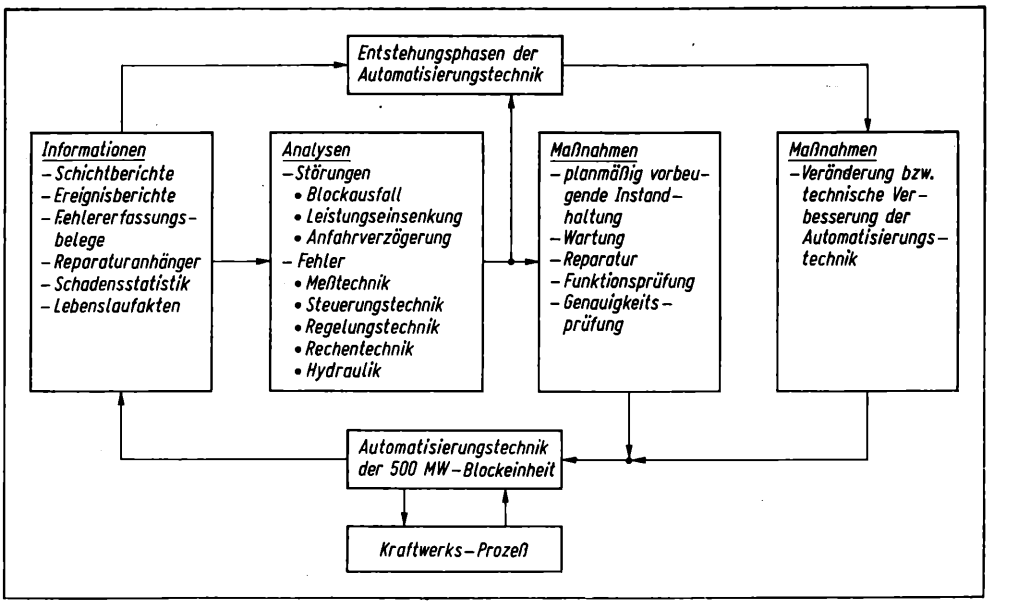
- hohe Verfügbarkeit
- gute Manövriereigenschaften
- hoher Wirkungsgrad des Gesamtprozesses
- instandhaltungsfreundliche und -arme Ausführung
- Spitzenlastfahrweise
- Umweltfreundlichkeit

nicht nur notwendig, sondern ein volkswirtschaftliches Erfordernis.

Die Realisierung dieser grundsätzlichen Gebrauchseigenschaften der Elektroenergieerzeugereinheiten bedingen eine weitestgehende Automatisierung der Bedien-, Überwachungs- und Registrierprozesse [11]. Die automatische Steuerung, Regelung und Überwachung dieser Prozesse bilden die Voraussetzung für die sichere Beherrschung der komplizierten Anlagentechnik und Prozeßtechnologie der Elektroenergieerzeugereinheiten, speziell der 500-MW-Blockeinheiten, bei instationären Vorgängen [1] und [9]. Sie verringert das Betriebsrisiko durch Fehlbedienung und nicht projektgerechte Fahrweise, beeinflußt im starken Maße die Verfügbarkeit und die Effektivität des Prozesses der Elektroenergieerzeugung. Damit bildet die Automatisierung [10] nicht zuletzt auch bei den 500-MW-Blockeinheiten den Effektivitäts- und Kontinuitätsfaktor, und es erhöht sich der Stellenwert der technischen Eigenschaft Zuverlässigkeit eben an den genannten Automatisierungsanlagen als ein wichtiger Qualitätsparameter.

[1]) Mitteilung aus dem VE Kombinat Braunkohlenkraftwerke, Stammbetrieb Jänschwalde und dem VEB Kraftwerke „Völkerfreundschaft", Kraftwerk Hagenwerder III.

Bild 1. Methodik der Zuverlässigkeitsarbeit



Damit ist die Notwendigkeit der Zuverlässigkeitsarbeit an der Automatisierungstechnik der 500-MW-Blockeinheiten zweifellos und eindeutig begründet und muß in Zukunft zielgerichtet organisiert und realisiert werden [11].

1. Ingenieurmäßig orientierte Zuverlässigkeitsarbeit in der Kraftwerksautomatisierung

Die ingenieurmäßig orientierte Zuverlässigkeitsarbeit in der Kraftwerksautomatisierung beinhaltet [1] und [11]:

- ingenieurmäßige Verfahren zur Analyse der auf die technische Eigenschaft Zuverlässigkeit negativ wirkenden Faktoren
- ingenieurmäßige Verfahren zur Kompensation dieser Faktoren
- ingenieurmäßige Verfahren zur Gestaltung und Erhaltung der zuverlässigkeitsrelevanten Gebrauchseigenschaften.

Sie geht davon aus, daß [1]

- jedem Ausfall (Schaden) eine Schadensquelle, eine Schadensursache zugrunde liegt
- jede Schadensquelle, jede Schadensursache prinzipiell erkennbar ist

und damit die Voraussetzung besteht, den Schadensquellen, den Schadensursachen mit ingenieurtechnischen Methoden erfolgreich zu begegnen. Das ist am effektivsten in den Entstehungsphasen der Automatisierungstechnik, also in der

- Konstruktion/Entwicklung
- Projektierung
- Fertigung
- Montage

möglich.

Je genauer z. B. die umgebungs- und funktionsbedingten Beanspruchungen analysiert werden, denen die Automatisierungstechnik im rauhen Kraftwerkseinsatz unterliegen, um so besser ist der Konstrukteur bzw. Projektant bzw. Instandhalter in der Lage, ihre negativen Wirkungen zu kompensieren bzw. durch Störungen verlorengegangene Gebrauchseigenschaften wieder herzustellen (Bild 1).

Somit besteht das Ziel der Zuverlässigkeitsarbeit in der Kraftwerksautomatisierung in der Durchsetzung technischer und organisatorischer Maßnahmen zur Gestaltung und Erhaltung zuverlässigkeitsrelevanter Gebrauchseigenschaften, um das notwendige und geforderte Zuverlässigkeitsniveau zu erhalten bzw. wieder zu erreichen [4] [11] und [17].

1.1. Bedeutung der Analyse des Zuverlässigkeitsverhaltens der Automatisierungstechnik

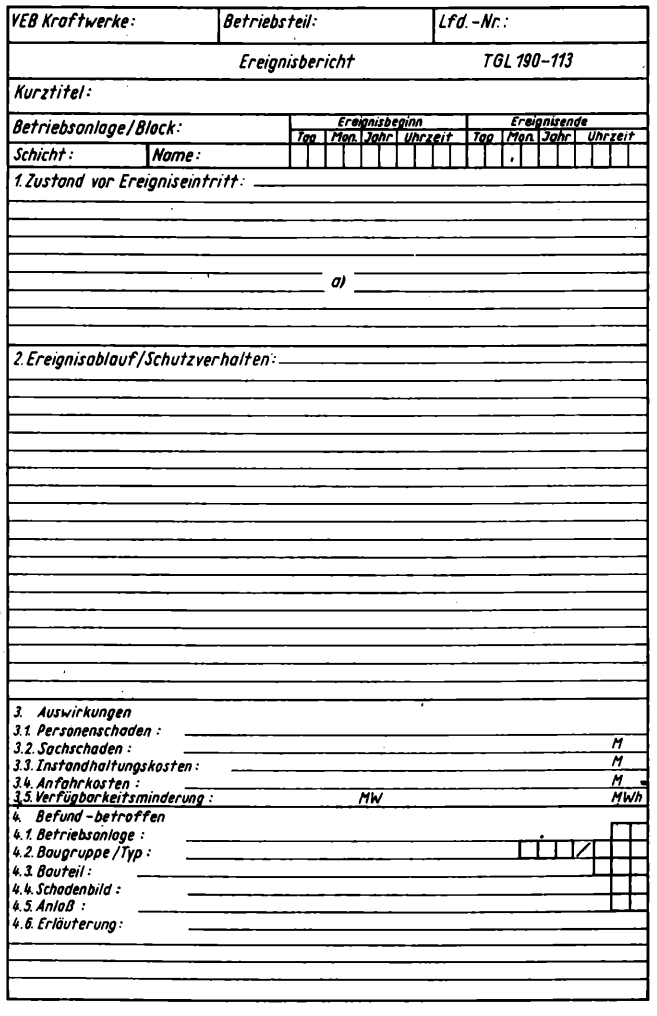
Eine Verbesserung der Gebrauchseigenschaften der 500-MW-Blockeinheiten durch ein hohes Zuverlässigkeitsniveau der Automatisierungstechnik ist entscheidend mit zu erreichen, wenn systematisch das Anlagenverhalten überwacht wird und Analysen zum Ausfallgeschehen erarbeitet werden. Die bisherige Praxis auf diesem Gebiet an den 500-MW-Blockeinheiten läßt erkennen, daß drei methodische Schritte zur Gewinnung einer aussagerelevanten Analyse realisierbar sind:

- Gewinnung der Primärinformationen über das Ausfallverhalten der Kraftwerksautomatisierung
- Verdichtung und Auswertung der Primärinformationen nach systematischen und zielorientierten Organisationsrichtlinien zur Gewinnung von relevanten verallgemeinerungswürdigen Aussagen über das Zuverlässigkeitsverhalten der Automatisierungstechnik im System der Elektroenergieerzeugung sowie über detaillierte Kennzeichnungen von Schwachstellen
- Rückwirkung der gewonnenen zuverlässigkeitsrelevanten Aussagen auf die Automatisierungstechnik zur Erhaltung des Zuverlässigkeitsniveaus durch effektivere organisatorische Regelungen und technisch-ökonomisch sinnvolle Veränderungen.

Der konsequenten Abarbeitung der genannten drei Schritte im Interesse einer exakten Analyse des Zuverlässigkeitsverhaltens der Automatisierungstechnik kommt insofern eine immer größere Bedeutung zu, da die bisher in Betrieb befindlichen 500-MW-Kraftwerksblöcke erkennen lassen, daß das Informationsangebot (Primärinformationen) für die Zuverlässigkeitsarbeit aus der Kraftwerksautomatisierung einen bisher nicht gekannten Umfang (Anzahl und Vielfalt der Informationen) angenommen hat. Daraus muß abgeleitet werden, daß die Zuverlässigkeitsarbeit nur erfolgreich angewandt werden kann, wenn sie nach streng systematisierten Grundsätzen durchgeführt wird. In den folgenden Abschnitten wird auf wesentliche, in der Kraftwerkstechnik erprobte Schritte der Zuverlässigkeitsarbeit eingegangen.

1.2. Gewinnung der Primärinformationen

Für die zielgerichtete Organisation und Realisierung der Zuverlässigkeitsarbeit [4] und [11] muß aufgrund der Vielfalt und Komplexität der Kraftwerksautomatisierung eine Reihe von Informationsquellen genutzt werden, die sich in ihrer Aussage


VEB Kraftwerke: | Betriebsteil: | Lfd.-Nr.:

Ereignisbericht TGL 190-113

Kurztitel:

Betriebsanlage/Block: | Ereignisbeginn Tag Mon. Jahr Uhrzeit | Ereignisende Tag Mon. Jahr Uhrzeit

Schicht: | Name:

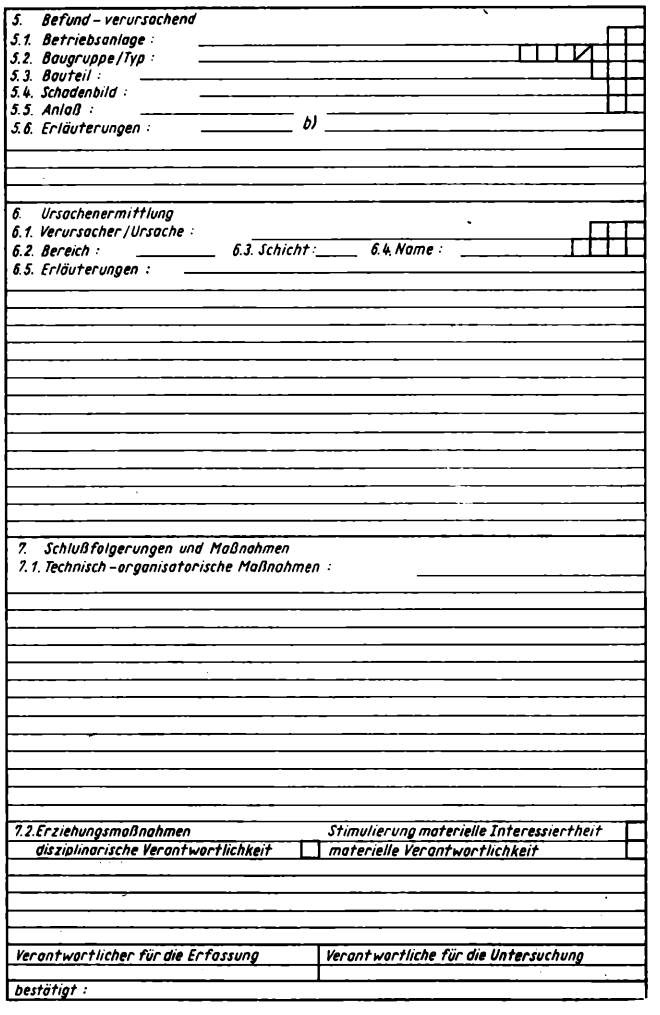
1. Zustand vor Ereigniseintritt:

a)

2. Ereignisablauf/Schutzverhalten:

3. Auswirkungen
3.1. Personenschaden:
3.2. Sachschaden: M
3.3. Instandhaltungskosten: M
3.4. Anfahrkosten: M
3.5. Verfügbarkeitsminderung: MW MWh

4. Befund-betroffen
4.1. Betriebsanlage:
4.2. Baugruppe/Typ:
4.3. Bauteil:
4.4. Schadenbild:
4.5. Anlaß:
4.6. Erläuterung:


5. Befund-verursachend
5.1. Betriebsanlage:
5.2. Baugruppe/Typ:
5.3. Bauteil:
5.4. Schadenbild:
5.5. Anlaß: b)
5.6. Erläuterungen:

6. Ursachenermittlung
6.1. Verursacher/Ursache:
6.2. Bereich: 6.3. Schicht: 6.4. Name:
6.5. Erläuterungen:

7. Schlußfolgerungen und Maßnahmen
7.1. Technisch-organisatorische Maßnahmen:

7.2. Erziehungsmaßnahmen | Stimulierung materielle Interessiertheit
disziplinarische Verantwortlichkeit | materielle Verantwortlichkeit

Verantwortlicher für die Erfassung | Verantwortliche für die Untersuchung

bestätigt:

Bild 2. Ereignisbericht
a) Vorderseite
b) Rückseite

ergänzen und für die umfassende Gestaltung der Zuverlässigkeitsarbeit relevant sind.
Informationsquellen sind:

- Schichtberichte des BMSR-Personals und der Elektriker zu den Informationen über Reparatur-, Wartungs-, Pflege- und Instandhaltungsmaßnahmen, die während der einzelnen Schichtzyklen realisiert und durchgeführt wurden.
- Ereignisberichte (Bild 2), entsprechend TGL 190-113, die grundsätzlich bei Störungen des Kraftwerksprozesses mit Leistungsausfall und bei sonstigen unplanmäßigen Ereignissen erarbeitet werden. Sie enthalten ausführliche Darstellungen des Ereignisablaufes und der Ereignisursache sowie Maßnahmen und Schlußfolgerungen.
- Fehlererfassungsbelege (FEB) (Bild 3), die als Arbeitsauftrag zur Fehlerbeseitigung und zur Primärdatenerfassung für die technisch statistische Fehleranalyse verwendet werden [18]. Zum Nachweis ausgestellter, übergebener und abgearbeiteter Fehlererfassungsbelege ist beim Prozeßverantwortlichen (PV) — das ist derjenige Funktionsträger, der den ordnungsgemäßen Ablauf eines ihm zugeordneten technologischen Prozesses zu sichern hat — ein Fehlererfassungsbeleg-Nachweisbuch zu führen.

  Dabei gelten folgende Grundsätze:

  - Durch den Prozeßverantwortlichen werden erkannte Fehler (das sind im Sinne dieses Erfassungssystems unplanmäßige Ereignisse an Meß-, Regelungs-, Prozeßrechner- und Prozeßsteuerungsanlagen, die die Funktionsfähigkeit derselben beeinflussen bzw. ausschließen) grundsätzlich in schriftlicher Form durch Fehlererfassungsbeleg dem Anlagenverantwortlichen (AV) — das ist derjenige Funktionsträger, der die Gebrauchsfähigkeit der Baugruppen einer Anlage zu sichern hat — zur Fehlerbeseitigung übergeben.
  - Der Fehlererfassungsbeleg gilt als Auftrag für die operative Fehlerbeseitigung. Mit dem Fehlererfassungsbeleg werden gesichert:
    . präzise Angaben zum Fehler, Fehlererscheinungsbild und Anlagenteil
    . Betriebszustand bei Eintritt des Fehlers
    . Nachweis über durchgeführte Fehlerbearbeitung
    . Erfassung der statistischen Daten zur Fehleranalyse
  - Übergabeort ist die zuständige Warte des Prozeßverantwortlichen.
  - Nach Beseitigung des Fehlers wird mit Übernahmebestätigung des Fehlererfassungsbeleges durch den Prozeßverantwortlichen auch die ordnungsgemäße Übernahme der betriebsbereiten Anlage bestätigt.
  - Der Durchschlag des Fehlererfassungsbeleges verbleibt als Nachweis auf der entsprechenden Warte des Prozeßverantwortlichen.
  - Das Original wird, nachdem der für die Fehlerbeseitigung Verantwortliche die Rückseite des Fehlererfassungsbeleges (Folgekarte) ausgefüllt hat, im Bereich des Anlagenverantwortlichen abgelegt.
- Reparaturanhänger (RA) (Bild 4), die als Begleitschein für Geräte vom Ausbau aus der Automatisierungsanlage bei Störungen durch die BMSR-Mechaniker/Elektriker (Schicht-Außendienst) über die notwendige Reparatur durch das

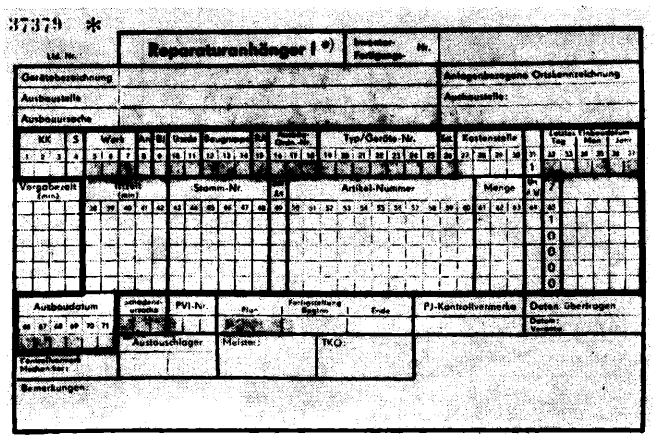
Bild 3. Fehlererfassungsbeleg

a) Vorderseite, b) Rückseite;

Für PRS-Kopplung benutzte Funktionen:

Aufruf	Bitmuster	Funktion
(*) F01	0000	Anfangszustand in Slave-Station setzen (nur in Verbindung mit Sicherung)
F02	0001	Schreiben
F03	0010	Lesen
F04	0011	Schreiben/Lesen
F05	0100	Stationsanfrage
... F16	1111	zur Zeit nicht genutzt
Antwort		
(*) F17	0000	Antwort auf F01
F18	0001	Schreiben (Empfangsbestätigung)
F19	0010	Lesen (gelesene Daten)
F20	0011	Schreiben/Lesen
F21	0100	Stationsantwort auf F05
...		zur Zeit nicht genutzt
(*) F32	1111	CRC-Fehler im Aufruf-Telegramm

(*) Abweichung vom Vorschlag des IfR



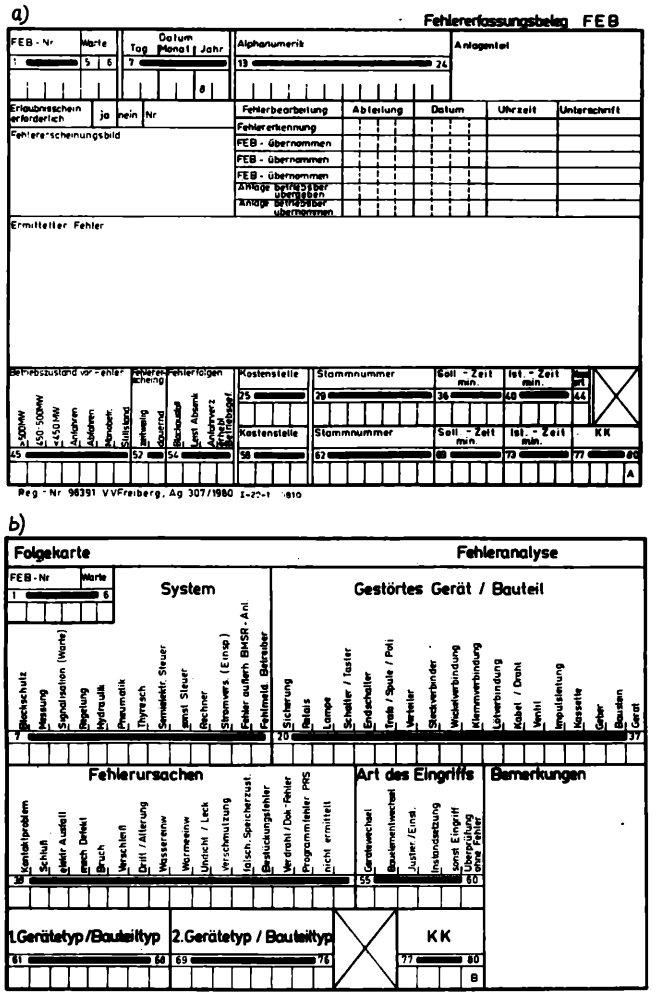


Bild 4. Reparaturanhänger

*) I schwarz; II rot; III blau

Werkstattpersonal bis zum Wiedereinbau bzw. bis zur Einlagerung als Störreserve fungieren. Sie enthalten gerätetypbezogene Aussagen. Bild 5 zeigt das Informationsflußschema.

— Schadensstatistik — Schadensspezifizierung (Bild 6)

mit statistischen Informationen über das Schadensgeschehen an der Automatisierungstechnik und der entsprechenden Schadensspezifizierung für den Konstrukteur als Übersichtsinformation.

Die Zweckbestimmung dieser Übersichtsinformation besteht in

- der Darstellung des Ausfallverhaltens der eingesetzten Automatisierungstechnik (Automatisierungsgeräte und

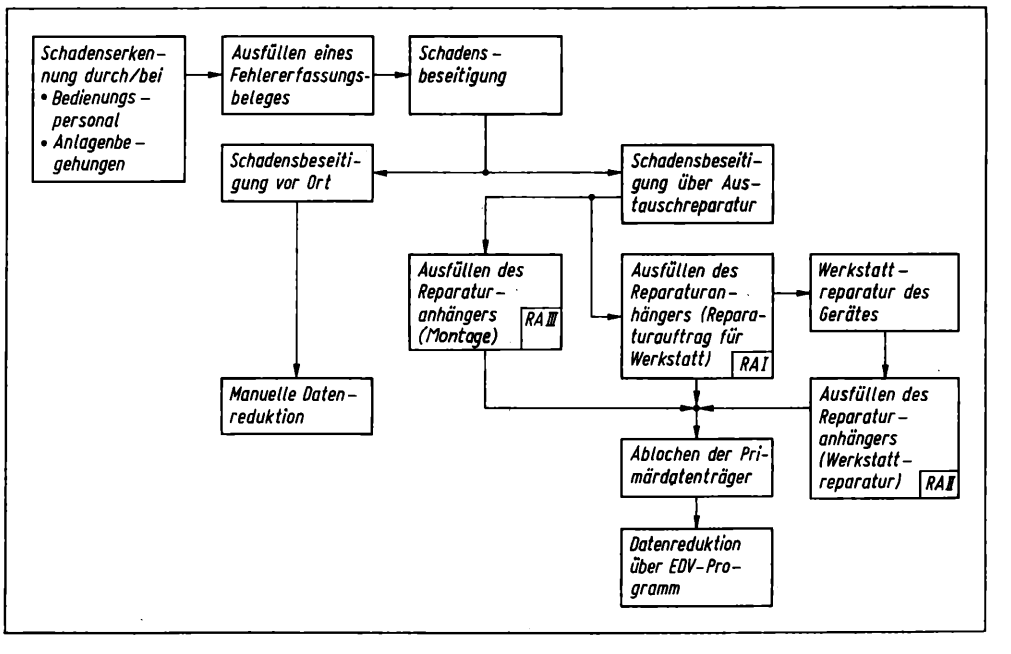


Bild 5. Informationsflußschema
Schadenserfassung, -beseitigung und statistische Schadensauswertung

Bild 6. Schadensstatistik a) gerätebezogen

Schadensstatistik — Schadensspezifizierung für Automatisierungsgeräte — gerätetypbezogene Schadensstatistik —	IE	
	SE	IV
	Nr. d. SK	

Gerätetyp:

Hersteller:

Betreiber:

Beginn der Serienfertigung (Jahr):

Auswertungsjahr	1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
Anzahl der eingebauten Geräte:						
Anzahl der ausgefallenen Geräte:						
Ausfallquote[1] q_{St} (%)						
mittlere ausfallfreie Zeit MTBF (in h)						

Austausch von Bauteilen bzw. Funktionseinheiten bei Reparaturen und prophylaktischer Instandhaltung

gewechselte Teile Bauteile/FE[2]		1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
	Stck.						
	%						
	Stck.						
	%						
	Stck.						
	%						
	⋮						

(1) nach TGL 190-916/01 (2) FE: Funktionseinheit

Rückseite:
Ingenieurtechnisch ermittelte charakteristische Schwachstellen des Gerätetyps:

⋮

Defekte im Sinne nicht ausreichend vorhandener Gebrauchseigenschaften bei der industriellen Nutzung des Gerätetyps:

⋮

b) gerätegruppenbezogen

Schadensstatistik — Schadensspezifizierung für Automatisierungsanlagen — gerätegruppenbezogene Schadensstatistik —	IE	
	SE	IV
	Nr. d. SK	

Gerätegruppe:

Hersteller:

Betreiber:

Beginn des Dauerbetriebes (Jahr):

Auswertungsjahr	1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
Anzahl der eingebauten Gerätegruppen:						
Anzahl der ausgefallenen Gerätegruppen:						
Ausfallquote[1] q_{St} (in %)						
mittlere ausfallfreie Zeit MTBF (in h)						

Austausch von Geräten bzw. Funktionseinheiten bei Reparaturen und prophylaktischer Instandhaltung

gewechselte Geräte Bauteile/Gerät		1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
	Stck.						
	%						
	Stck.						
	%						
	Stck.						
	%						
	⋮						

(1) nach TGL 190-916/01

Rückseite:
Ingenieurtechnisch ermittelte charakteristische Schwachstellen der Steuerlogik

⋮

Defekte im Sinne nicht ausreichend vorhandener Gebrauchseigenschaften bei der industriellen Nutzung der Steuerlogik:

⋮

c) funktionsgruppenbezogen

Schadensstatistik — Schadensspezifizierung für Automatisierungsanlagen — funktionsgruppenbezogene Schadensstatistik —	IE	
	SE	IV
	Nr. d. SK	

Funktionsgruppe:

Hersteller:

Betreiber:

Beginn des Dauerbetriebes (Jahr)

Auswertungsjahr	1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
Anzahl der eingebauten Funktionsgruppen:						
Anzahl der ausgefallenen Funktionsgruppen:						
Ausfallquote[1] q_{St} (in %)						
mittlere ausfallfreie Zeit MTBF (in h)						

Austausch bzw. Reparatur von Funktionseinheiten

reparierte Baugruppen Geräte/FE[2]		1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
	Anzahl						
	%						
	Anzahl						
	%						
	Anzahl						
	%						
	⋮						

(1) nach TGL 190-916/01 (2) FE: Funktionseinheit

Rückseite:
Ingenieurtechnisch ermittelte charakteristische Schwachstellen der Funktionsgruppensteuerung:

⋮

Defekte im Sinne nicht ausreichend vorhandener Gebrauchseigenschaften bei der industriellen Nutzung der Funktionsgruppensteuerung:

⋮

d) steuerprogrammbezogen

Schadensstatistik — Schadenspezifizierung für Automatisierungsanlagen — steuerprogrammbezogene Schadensstatistik —	IE	
	SE	IV
	Nr. d. SK	

An/Abfahrprogramm:

Hersteller:

Betreiber:

Beginn des Dauerbetriebes (Jahr)

Auswertungsjahr	1976	1977	1978	1979	1980	1981 ...
Anzahl der eingebauten Programme:						
Anzahl der ausgefallenen Antriebe:						
Ausfallquote[1] q_{St} (in %)						
mittlere ausfallfreie Zeit MTBF (in h)						

Austausch von Bauteilen bzw. Funktionseinheiten bei Reparaturen und prophylaktischer Instandhaltung

reparierte Gerätegruppe		1976	1977	1978	1979	1980	1981...
	Stck.						
	%						
	Stck.						
	%						
	Stck.						
	%						
	⋮						

(1) nach Tgl. 190-916/01 IE: Informationselement, SE: Speicherebene, SK: Speicherkarte [5] [6]

Rückseite:
Ingenieurtechnisch ermittelte charakteristische Schwachstellen des Steuerprogrammes:

⋮

Defekte im Sinne nicht ausreichend vorhandener Gebrauchseigenschaften bei der industriellen Nutzung des Steuerprogrammes:

⋮

-anlagen) verschiedener Konfigurationen für den gleichen Verwendungszweck zur Ermittlung des die Bestwerte repräsentierenden Gerätetyps als Grundlage der weiteren Geräteentwicklung

- der Bestimmung von spezifischen Entwicklungsschwerpunkten für die Neu- bzw. Weiterentwicklung der Automatisierungstechnik entsprechend der Schadensspezifizierung mit dem Ziel der planmäßigen Verbesserung der Gebrauchseigenschaften.

— Lebenslaufakten.

1.3. Auswertung der Primärinformationen

Die vielfältigen Informationen über Fehler (ohne Ausfall von Anlagen) und Störungen (Ausfall von Anlagen mit Minderung des Betriebsergebnisses) müssen nach systematischen Kategorien eingeordnet werden. Entsprechend der Bedeutung für den Betriebsablauf ist die nachfolgende Reihung der Klassifizierungsmerkmale gewählt worden. Die Dringlichkeit der Beseitigung der Unregelmäßigkeiten ist bei der Gruppe der Störungen für den praktischen Betrieb eines 500-MW-Blockes am größten.

- Störungen
  - . Blockausfall (plötzliche Nichtverfügbarkeit von 500 MW bzw. Abtrennen des Blockes vom Netz)
  - . Leistungseinsenkung (plötzliche Nichtverfügbarkeit von Teilblockleistungen ohne Abtrennen vom Netz)
  - . Anfahrverzögerung (Nichterreichen von geplanten Leistungen zum festgelegten Zeitpunkt nach Stillständen).

  Die genannten Störungsarten werden im Rahmen der BMSR-Analysen behandelt, sofern Fehler in der Automatisierungstechnik als Ursache erkannt wurden.

  Informationsquellen für die Auswertung der Störungen sind hauptsächlich Ereignisberichte und Lebenslaufakten.
- Fehler (Unregelmäßigkeiten in der Automatisierungstechnik, die Störungen hervorrufen können)

  Die möglichen Fehler verteilen sich auf die Fachgebiete:
  - . Meßtechnik
  - . Steuerungstechnik
  - . Regelungstechnik
  - . Hydraulik
  - . Prozeßrechentechnik.

  Jedes Fachgebiet hat spezifische Fehlerarten mit unterschiedlichen Verteilungen. Die Reihenfolge der genannten Fachgebiete entspricht der Fehlerhäufigkeit, d. h., auf dem Gebiet der Meßtechnik treten die meisten Fehler auf. Bei einer durchschnittlichen Fehleranzahl von 4000 je 500-MW-Block und Jahr in der Automatisierungstechnik entfallen auf den meßtechnischen Anteil etwa 50% aller Fehler. Mit etwa 33% Fehleranteil ist die Steuerungstechnik beteiligt und die Regelungsanlage mit etwa 15%. Eine wesentliche Rolle bei der Häufung von Fehlern spielt die Quantität an Automatisierungsgeräten sowie deren Stellung im technologischen Gesamtprozeß. An einer Automatisierungsanlage, die an einer häufig betätigten (An- und Abfahren) technologischen Anlage installiert ist, muß mit einer höheren Fehlerdichte gerechnet werden als bei selten betätigten Anlagen. Eine Sonderstellung nimmt das Fachgebiet Prozeßrechentechnik ein. Aufgrund der ausschließlich datendarstellenden Funktion des zentralen Prozeßrechners in Form von Betriebsprotokollen und Digitalanzeigen ergeben sich keine den technologischen Prozeß direkt beeinflussenden Fehlerarten.

  Die Analyse des Fehlerverhaltens der Automatisierungstechnik erfolgt zweckmäßigerweise in zwei Ebenen:
  - . Fehler im Automatisierungssystem durch Ausfälle von Geräten
  - . Fehler in Automatisierungsgeräten durch Ausfälle von Bauelementen. Diese können Ursache von Fehlern im Automatisierungssystem sein.

  Informationsquellen für die Auswertung der Fehler sind hauptsächlich Reparaturanhänger, Fehlererfassungsbelege und eine organisierte Schadensstatistik.

1.4. Daten — Rückwirkung

Zweck der Betrachtung des Ausfallgeschehens kann nur sein, Rückschlüsse zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Automatisierungstechnik zu ziehen sowie daraus resultierende Maßnahmen festzulegen und zu realisieren. Als Grunderkenntnis der an den ersten 500-MW-Blöcken bisher durchgeführten Analyse ist die entscheidende Bedeutung der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung (PVI) zu nennen. Diese Aufgabe obliegt dem Betreiber, der diese Analysenergebnisse nutzt, andere mögliche Nutzer, z. B. Projektant, Konstrukteur, machen noch keinen Gebrauch davon.

Der überwiegende Anteil der Fehler tritt nicht plötzlich ein, sondern entsteht längerfristig infolge Alterung, umgebungsbedingter Beanspruchungen sowie Abnutzung.

Planmäßige Arbeiten wie:

- zyklischer Wechsel von Geräten
- zyklische Prüfung der Genauigkeit von Meßketten
- Funktionsprüfungen von Steuerungen für Sicherheitsfunktionen

haben das Ziel, vor einem Ausfall den sich entwickelnden Fehler zu erkennen und zu beseitigen. Beim Erkennen von fehlerbegünstigenden Mängeln in der Automatisierungstechnik wird mit Hilfe technischer Veränderungen in Form von Änderungen der Struktur einzelner Steuerprogramme bzw. Regelkreise die Neigung zu bestimmten Fehlern verringert bzw. völlig ausgeschlossen.

2. Schlußfolgerungen

In den vorangegangenen Abschnitten wurde die Methodik zur Erfassung zuverlässigkeitsrelevanter statistischer Daten dargestellt. Die Auswertung der erfaßten statistischen Daten muß jährlich durchgeführt werden. Ziel ist die Gewinnung relevanter und gesicherter Aussagen über das Störgeschehen in der Automatisierungstechnik der 500-MW-Blockeinheiten.

Die jährliche Auswertung sichert

- die Analyse anlagen- bzw. gerätebezogener Fehlerhäufungen
- die Ermittlung der Störquote von Geräten und Bauteilen und somit des Ersatzteilbedarfes
- die Ermittlung des Aufwandes für die Fehlerbeseitigung
- den effektiven Einsatz der Arbeitskräfte entsprechend der Störhäufigkeit (z. B. nach längeren Stillständen)

und stellt die Voraussetzung für eine gezielte Beeinflussung der Verfügbarkeit der Automatisierungstechnik und damit der Verfügbarkeit der 500-MW-Blöcke dar.

Die durch die Anlagenverantwortlichen über mehrere Jahre mit hohem Aufwand praktizierte statistische Datenerfassung mit nachfolgender rechnergestützter Auswertung (Drucklisten) findet leider wenig Resonanz bei den die Entstehungsphasen der Automatisierungstechnik wesentlich beeinflussenden Partnern. Unabhängig davon bleibt es Aufgabe des Anlagenverantwortlichen, den begonnenen Weg auf dem Gebiet der Zuverlässigkeitsarbeit konsequent fortzusetzen.

Literatur

[1] *Löffler, Chr.; Schwadtke, D.:* Untersuchungen über eine ingenieurmäßig orientierte Zuverlässigkeitsarbeit bei der Kraftwerksautomatisierung. Dissertation A, Technische Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg 1979.

[2] *Werner, G. W.:* Systematische Schadensverhütung und -bekämpfung. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1979.

[3] *Werner, G. W.; Leistner, F.:* Zuverlässigkeitsarbeit im Reproduktionsprozeß technischer Erzeugnisse des Maschinenbaus. die Technik **31** (1976) H. 11, S. 680–684.

[4] *Löffler, Chr.; Schwadtke, D.:* Gestaltung der Informationsbeziehungen im Prozeß der Entwicklung, Projektierung und Betriebsführung von Automatisierungsanlagen — ein wichtiges Element der Zuverlässigkeitsarbeit. msr **20** (1977) H. 11, S. 632–636; H. 12, S. 687–689.

[5] *Löffler, Chr.; Schwadtke, D.:* Präzisierte Aufgabenstellungen zur umfassenden Gestaltung der Partialspeicher im Speicher Zuverlässigkeitsarbeit — Kraftwerksautomatisierung. Technischer Bericht ORGREB-Institut für Kraftwerke, VEB Kraftwerke „Völkerfreundschaft" 1978.

[6] *Löffler, Chr.; Schwadtke, D.:* Speicher Zuverlässigkeitsarbeit — Kraftwerksautomatisierung. Technischer Bericht ORGREB-Institut für Kraftwerke, VEB Kraftwerke „Völkerfreundschaft', 1978.

[7] TGL 190-916/01: Automatisierungsanlagen — Qualität. Begriffe. September 1975.

[8] TGL 190-916/02: Automatisierungsanlagen — Qualität. Bestimmung und Nachweis der Gebrauchseigenschaften. September 1975.

[9] *Schwadtke, D.:* Die Erhöhung der Effektivität der gesellschaftlichen Produktion, bezogen auf den Reproduktionsprozeß der Elektroenergieerzeugung durch die Anwendung der Ergebnisse aus Wissenschaft und Technik unter Beachtung der Automatisierungstechnik als wesentlichen Intensivierungsfaktor. Wissenschaftliche Abschlußarbeit an der Ingenieurhochschule Zittau, Abteilung Marxismus — Leninismus, 1978.

[10] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zuverlässigkeit durch Automatisierung. die Technik **31** (1976) H. 11, S. 700–703.

[11] *Schwadtke, D.; Löffler, Chr.:* Problemstellungen beim Entwurf und bei der Realisierung ingenieurmäßig orientierter Zuverlässigkeitsarbeit in der Kraftwerksautomatisierung. Energietechnik **31** (1981) H. 7, S. 266–271.

[12] *Bayer, O.; Leistner, F.; Werner, G. W.:* Stand und Tendenzen der Zuverlässigkeitsarbeit bei Erzeugnissen des Maschinen- und Anlagenbaus. Maschinenbautechnik **30** (1981) H. 8, S. 341–343.

[13] *Kliemann, J.:* Aspekte der perspektivischen Entwicklung der Automatisierungstechnik. Technische Information GRW **17** (1979) H. 3, S. 147–151.

[14] *Neumann, P.:* Anforderungen an die Entwicklung von Automatisierungsanlagen aus der Sicht der Betreiber und Hersteller. Technische Information GRW **17** (1979) H. 3, S. 158–167.

[15] *Töpfer, H.; Fuchs, H.; Willem, H.:* Moderne gerätetechnische Mittel und ihre Konsequenzen für neue Automatisierungskonzepte. msr **23** (1980) H. 1, S. 2–10.

[16] *Platz, W. W.:* Störungsanalyse BMSR-Technik. VEB Kraftwerke „Völkerfreundschaft" Hagenwerder.

[17] *Schwadtke, D.:* Problemstellungen für die Organisation der Automatisierungsmittelinstandhaltung im Kraftwerk. msr **25** (1982) H. 3, S. 146–150.

[18] Anweisung: Arbeit mit Fehlererfassungsbelegen. VE Kombinat Braunkohlenkraftwerke, Stammbetrieb Jänschwalde 1981. msr 7581

Doz. Dr.-Ing. *H.-B. Bemmann*, Mittweida[1])

Anwendung der diskreten Zeitsimulation zur Berechnung der Zuverlässigkeit komplizierter Systeme

1A 6.3

0. Einleitung

Die digitale Simulation gewinnt neben anderen mathematischen Methoden eine steigende Bedeutung für die Lösung theoretischer und praktischer Probleme. Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten sind aus der Literatur bekannt; es sei auf die zusammenfassende Darstellung in [1] verwiesen. Hier interessiert die Anwendung der Digitalsimulation ausschließlich für die Lösung von Zuverlässigkeitsproblemen. Es ist bekannt, daß die analytische Berechnung von Zuverlässigkeitskenngrößen für hierarchische Strukturen geschlossen nicht möglich ist. In [4] wurde gezeigt, daß es durch ein Näherungsverfahren möglich ist, die Systemverfügbarkeit zu berechnen.

Die Aufgabenstellung besteht darin, auf der Basis des stochastischen Modells mit endlich vielen Zuständen die Zuverlässigkeitskenngrößen einer hierarchischen Struktur durch Simulation zu berechnen. Die grundsätzliche Verfahrensweise dazu ist in [2] und in [5] dargestellt. Hier sollen die Ergebnisse für ein spezielles Beispiel vorgestellt und damit die vielseitigen Möglichkeiten der Anwendung der Simulation dargelegt werden.

1. Beschreibung des untersuchten Systems

1.1. Fixierung der Systemstruktur

Für ein System mit einer linearen Baumstruktur (d. h. ohne Zwischenverbindungen und Rückkopplungen) sind die Zuverlässigkeitskenngrößen zu berechnen. Derartige Systeme sind technisch sehr verbreitet: z. B. industrielle Steuer- und Überwachungssysteme, EDV-Strukturen, Trägerfrequenzsysteme usw. Unter Beachtung der technischen Voraussetzungen entsteht für die Simulation die Zuverlässigkeitsstruktur entsprechend Bild 1.

Die Charakterisierung hierarchischer Strukturen erfolgt durch die Anzahl der Ebenen und durch den Verzweigungsfaktor der Knoten. Die Knoten im Bild 1 sind „Ausfallelemente" im Sinne von TGL 26096.

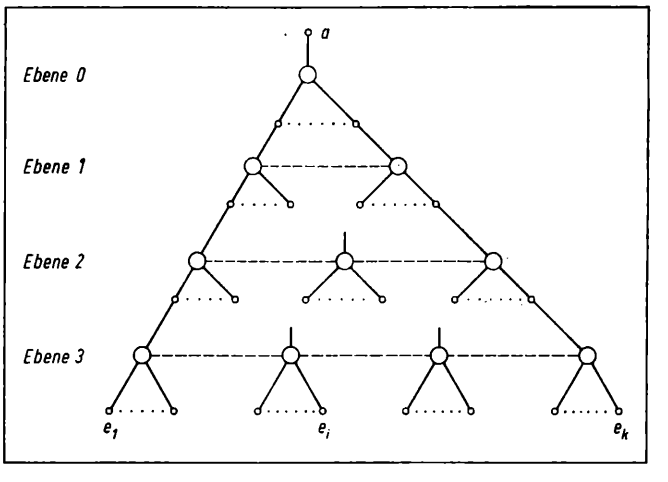


Bild 1. Modell der untersuchten hierarchischen Struktur

Zur Durchführung der Simulation werden jeweils für den Ausfall- sowie den Instandhaltungsprozeß der Ausfallelemente die entsprechenden Mittelwerte vorgegeben:

Θ = mittlere ausfallfreie Arbeitszeit

$\overline{T}_A$ = mittlere Ausfalldauer.

Außerdem gilt als Vorgabe, daß beide Prozesse einer Exponentialverteilung genügen. Für das System nach Bild 1 sind die entsprechenden Kenndaten des Ausfall- bzw. des Instandsetzungsprozesses in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeit der Baugruppen zu untersuchen. Als Parameter für die Zuverlässigkeitskenngrößen dient die Anzahl der funktionsfähigen Eingänge.

1.2. Definition der Systemzustände

Entsprechend der technischen Eigenschaften des untersuchten Systems mit hierarchischer Struktur werden folgende Festlegungen getroffen: Ein Eingang e_i gilt als funktionsfähig, wenn er Zugang zum Ausgang a hat, d. h., der Verbindungsweg zwischen e_i und a ist möglich. Daraus resultieren

[1]) Mitteilung aus der IH Mittweida, Sektion Informationselektronik, WB Gerätetechnik.

- Totalausfall des Systems: alle Eingänge e_k sind ausgefallen
- Funktionsfähigkeit des Systems: alle Eingänge e_k sind funktionsfähig
- Teilausfälle des Systems: eine entsprechende Anzahl von Eingängen ist ausgefallen, maximal $e_k - 1$.

Bisher wurden die Teilausfälle bei Zuverlässigkeitsberechnungen von Systemen wenig beachtet. Aus diesem Grunde sind kaum analytische Lösungen bekannt geworden.
Weiterhin ist für hierarchische Strukturen zur Untersuchung der System-Zuverlässigkeit die Erscheinungsform der „Ausfallüberdeckung" zu beachten. Darunter versteht man die Auswirkung, daß Baugruppen einer höheren Ebene entsprechende Ausfälle von Eingängen vortäuschen, obwohl die vorgelagerten Baugruppen in Ordnung sind.
Weitere Einzelheiten dazu sind in [5] dargelegt.
Zur Berechnung der Zuverlässigkeitskenngrößen des Systems ist die Digitalsimulation sehr geeignet, die nun näher erläutert werden soll.

2. Die Anwendung der diskreten Zeitsimulation

2.1. Grundlagen der Simulation

Unter Simulation wird hier ein Verfahren zur Durchführung von Experimenten verstanden. Unter Benutzung eines geeigneten Modells wird das Experimentieren auf einem Digitalrechner mit dem Ziel durchgeführt, Aussagen über das Verhalten des realen Systems zu gewinnen.
Der Ablauf der diskreten Zeitsimulation erfolgt in den wesentlichen Schritten:

1. Jeder Baugruppe wird mit Hilfe des Zufallszahlengenerators eine Realisierung der Zufallsgröße „Zeit" aus ihrer eigenen Lebensdauerverteilung zugewiesen.
2. Zu diskreten Zeitpunkten erfolgt die Abfrage, ob das System ausgefallen ist. Ist dieser Zustand eingetreten, so wird der Ausfallzeitpunkt notiert.
3. Die Baugruppe, die den Ausfall verursacht hat, erhält nun eine Realisierung der Zufallsgröße „Zeit" aus der entsprechenden Verteilung der Instandsetzungszeiten zugewiesen. Danach erfolgt die Abfrage zu diskreten Zeitpunkten nach der Funktionsfähigkeit des Systems. Ist diese wieder erreicht, so wird der Zeitpunkt der Wiedererlangung der Funktionsfähigkeit notiert.
4. Die im Verlauf der Simulation eingetretenen und registrierten Ereignisse des Systems sind die Ergebnisse der Simulation, die nun zu interpretieren sind.

Auf diese Weise werden die Realisierungen des Erneuerungsprozesses (Ausfall- und Instandsetzungszeitpunkte für den jeweils abgefragten Systemzustand) erhalten. Diese Realisierungen bilden eine Zeitreihe. Als Definition des Begriffes „Zeitreihe" soll gelten: Eine Folge der Zahlenwerte der Beobachtungsergebnisse eines Vorganges in Abhängigkeit der Zeit wird als Zeitreihe bezeichnet.
In Bild 2 ist der Erneuerungsprozeß eines Systems prinzipiell dargestellt, wobei gilt:

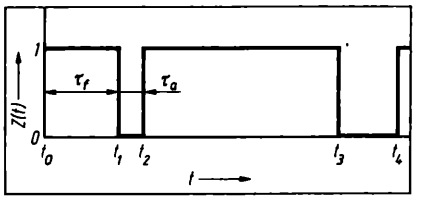


Bild 2. Prinzipieller Verlauf des Erneuerungsprozesses

$t_1, t_3, t_5, \ldots$ Ausfallzeitpunkte; $t_2, t_4, t_6, \ldots$ Instandsetzungszeitpunkte; τ_f zufälliges Ereignis: System funktionsfähig; τ_a zufälliges Ereignis: System ausgefallen

$Z(t) = 1$ System funktionsfähig

$Z(t) = 0$ System ausgefallen .

Entsprechend den technischen Gegebenheiten des untersuchten Systems ist die Zustandsabfrage für die Simulation genau zu definieren. Für die hierarchische Struktur nach Bild 1 ist es zweckmäßig, die Zustände auf die Anzahl der funktionsfähigen Eingänge zu beziehen.

Eine Zustandsabfrage könnte beispielsweise lauten:

- Zum Zeitpunkt t sind alle Eingänge e_k funktionsfähig; der Systemzustand: $Z(t) = 1$
- Zum Zeitpunkt t sind nur noch $(e_k - 1)$ Eingänge funktionsfähig; der Systemzustand: $Z(t) = 0$.

2.2. Kenndaten des Systems als Ergebnis der Berechnung

Nachdem die Zeitreihen als Ergebnis der Simulation vorliegen, besteht die Aufgabe darin, aus der jeweiligen Zeitreihe die interessierenden Kenndaten zu berechnen. Die Kenndaten gelten für die vorgegebene Beobachtungsdauer, die durch das Simulationsprogramm nachgebildet wurde.

- Berechnung des kumulativen Mittelwertes

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \,, \tag{1}$$

man erhält für den Ausfallprozeß mit den Zufallsgrößen τ_f die mittlere ausfallfreie Arbeitszeit Θ

entsprechend für den Instandsetzungsprozeß $\bar{T}_A$

- Berechnung der Verfügbarkeit
  die Dauerverfügbarkeit

$$v_D = \frac{\Theta}{\Theta + \bar{T}_A} \tag{2}$$

die Zeitreihe der Verfügbarkeit

$$v = \frac{\tau_f}{\tau_f + \tau_a} \tag{3}$$

und daraus die mittlere Verfügbarkeit $\bar{v}$ nach Gl. (1)

- Berechnung der empirischen Standardabweichung

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2} \tag{4}$$

mit den Zufallsgrößen der entsprechenden Prozesse werden die Standardabweichungen der mittleren ausfallfreien Arbeitszeit, der mittleren Ausfalldauer und der mittleren Verfügbarkeit erhalten.

- Analyse der Ausfallursachen

  Programmtechnisch werden die Baugruppen registriert, die zu einem Systemausfall führen. Die Auflistung erfolgt in Tabellenform: Ausfall der i-ten Baugruppe mit der Anzahl Z_i. Daraus wird in bekannter Weise die Ausfallhäufigkeit h_i berechnet

$$h_i = \frac{Z_i}{\sum_{j=1}^{n} Z_j} \tag{5}$$

$\sum_{j=1}^{n} Z_j$ Anzahl aller Ausfälle des Systems während der Beobachtungsdauer

- Berechnung der Momente
  Aus den Zufallsgrößen der Zeitreihe des jeweiligen Prozesses werden die bekannten Kennzahlen der Statistik berechnet die Zentralmomente

$$\mu_k = E[(x - \bar{x})^k] \tag{6}$$

der Variationskoeffizient

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \tag{7}$$

die Schiefe

$$\gamma_3 = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} \tag{8}$$

der Exzeß

$$\gamma_4 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3\,. \tag{9}$$

Die höheren Momente werden beispielsweise benötigt, um mit Polynomsystemen die entsprechenden Verteilungsfunktionen näherungsweise darzustellen.

– Berechnung der Verteilungsfunktion

Wird für den Instandsetzungsprozeß eine Minimal-Instandsetzung vorgegeben, so gehorcht der Erneuerungsprozeß einer Weibull-Verteilung. Die Parameter der Weibull-Verteilung können nach der Methode der bedingten Dichten geschätzt werden

$$\hat{\alpha} = \frac{n-2}{\sum_{i=1}^{n-1} \ln\,(t_n/t_i)}, \tag{10}$$

$$\hat{\beta} = t_n \left(\frac{1}{n}\right)^{1/\hat{\alpha}}. \tag{11}$$

3. Einschätzung der Simulationsergebnisse

3.1. *Verfahrenstechnische Genauigkeit*

Fundamentale Bedeutung für die erreichbare Genauigkeit der Simulation haben die Zufallszahlengeneratoren. Da die Zufallszahlen nach einem vorgegebenen Algorithmus erzeugt werden, spricht man von einem Pseudo-Zufallszahlengenerator. Durch eine Vielzahl von Tests kann eingeschätzt werden, ob sie den Anforderungen bezüglich Zufälligkeit, Periodizität, Einhaltung der Kenngrößen der Verteilung usw. gerecht werden. Das Modell als äquivalentes Abbild des zu untersuchenden Systems hat ebenfalls einen großen Einfluß auf die Genauigkeit der Simulationsergebnisse. Nur so gut, wie es vom Modell her möglich ist, die technischen Details des zu untersuchenden Systems zu berücksichtigen, können sie auch im Simulationsablauf ihren Einfluß geltend machen.

Es ist bekannt, daß die Simulationsergebnisse zufällige Realisierungen eines stochastischen Prozesses sind. Dadurch ist auch bekannt, daß diese Prozesse Schwankungserscheinungen haben. Durch Berechnung der kumulativen Größen der Simulationsergebnisse tritt ein charakteristisches Einschwingverhalten ein. Durch Anwendung verschiedener Methoden kann der sinnvolle Abbruch der Simulation angegeben werden. Eine numerische Fehlerbetrachtung für die simulierten Mittelwerte ist möglich, wenn die durch die Gl. (4) berechnete empirische Streuung mit einbezogen wird; z. B. durch Angabe eines geeigneten Konfidenzintervalles.

3.2. *Einschätzung der Ergebnisse anhand untersuchter Beispiele*

Auf der Basis des stochastischen Modells mit einer endlichen Anzahl von Zuständen sind hierarchische Strukturen mit >3000 Eingängen untersucht worden. Die Zuverlässigkeitskenngrößen der Baugruppen waren je Ebene gleich, der Reparaturkoeffizient der Baugruppen

$$\alpha_R = \frac{\Theta}{T_A} \tag{12}$$

betrug $\alpha_R \approx 1000$.

Aus dem ausgewerteten Zahlenmaterial läßt sich zusammenfassend folgende Einschätzung der Zuverlässigkeitskenngrößen ableiten:

– Eine geeignete Darstellung der Ergebnisse sind die Zuverlässigkeitskenngrößen des Systems als Funktion der „Anzahl funktionsfähiger Eingänge".
– Durch Berechnung der kumulativen Mittelwerte wird eine sehr zweckmäßige Grundlage geschaffen, um den eingeschwungenen Zustand der Kennwerte zu beurteilen.
– Die berechneten Momente gestatten prinzipielle Aussagen über die Art und Gestalt der Verteilungsfunktion des jeweiligen Prozesses.
– Die Ausfälle von 1 ... 5 Eingängen sind für Systeme mit >1000 Eingängen mit mindestens 70% an den Ausfallereignissen beteiligt.
– Die Totalausfälle dieser Systeme sind sehr seltene Ereignisse, sie betragen anteilig (bezogen auf die anderen Ausfallereignisse) stets <3%.
– Durch die Untersuchung der Verteilungsfunktion konnte für Systeme mit mehr als 300 Eingängen und Minimalinstandsetzung der theoretisch bekannte Sachverhalt bestätigt werden, daß auch für hierarchische Strukturen der Erneuerungsprozeß ein homogener Poisson-Prozeß ist; der Formparameter der Weibull-Verteilung, der aus den Simulationsergebnissen berechnet wurde, lag im Bereich $0{,}9 < \alpha < 1{,}1$.

4. Schlußfolgerungen

Der Beitrag soll zeigen, welche vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten die Digitalsimulation hat. Insbesondere ist diese Methode geeignet, für beliebige Systemstrukturen alle interessierenden Kenndaten des Erneuerungsprozesses zu berechnen. Damit wird die Leistungsfähigkeit der Simulation offenbar: durch Veränderung der Vorgaben für die Baugruppen können schnell verschiedene Systemvarianten berechnet werden. Damit können außerdem sehr kurzfristig auch für komplizierte Systemstrukturen „Schwachstellen" ermittelt werden. Die Genauigkeit der Ergebnisse wird außer von den Vorgabewerten der Baugruppen insbesondere von der „Qualität" der Zufallszahlen beeinflußt.

Über die universellen Einsatzmöglichkeiten der diskreten Zeitsimulation für spezielle technische Fragestellungen entscheidet jedoch die Wechselwirkung zwischen Modell und Rechnerprogramm. Es ist zu fordern, daß die rechentechnische Gestaltung des Modells modular erfolgt. Damit werden austauschbare Komponenten erhalten, die das Simulationsprogramm sehr einsatzflexibel gestalten.

Das gilt für alle Verfahrensschritte durchgängig von der Erzeugung der Zufallszahlen über die Modellbearbeitung bis zur Auswertung. Aufgrund der großen Flexibilität der Simulation auch für Systeme mit sehr vielen Elementen zeigt es sich, daß die Simulation den analytischen Berechnungsmethoden mindestens gleichwertig ist.

Literatur

[1] *Frank, M.; Lorenz, P.:* Simulation diskreter Prozesse. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1979.

[2] *Bemmann, H.-B.; Geißler, M.:* Zuverlässigkeitsanalyse spezieller Strukturen mit Hilfe der Digitalsimulation. Nachrichtentechnik/Elektronik **31** (1981) H. 12, S. 510–513.

[3] *Barlow, R. E.; Proschan, F.:* Statistische Theorie der Zuverlässigkeit. Berlin: Akademie-Verlag 1978.

[4] *Bemmann, H.-B.:* Methoden der Zuverlässigkeitsberechnung von TF-Strecken. Nachrichtentechnik/Elektronik **31** (1981) H. 2, S. 59–60.

[5] *Bemmann, H.-B.; Spannaus, R.:* Zuverlässigkeitssimulation hierarchischer Strukturen – Vergleich der Ergebnisse zweier unterschiedlicher Zustandsmodelle. Nachrichtentechnik/Elektronik **32** (1982) H. 6, S. 254–257

msr 7572

Programmierbare nichtnumerische Steuerungen (XIX)[1)]

Dr.-Ing. *G. Roland*, Karl-Marx-Stadt

Programmierbares Steuerungs- und Baugruppensystem PS 2000

4.3. Inbetriebnahme des problemabhängigen Programmes

Diese Inbetriebnahmephase setzt den positiven Abschluß der Hardwareinbetriebnahme voraus. Sie dient der Testung einer vorgegebenen logischen Struktur zur Steuerung eines technologischen Prozesses. Dieser Arbeitsphase kommt bei Erstausrüstungen und Veränderungen des technologischen Prozesses besondere Bedeutung zu, da Korrekturen allein durch programmtechnische Veränderungen erreicht werden. Neben dem Inbetriebnahmegerät wird das Programmiergerät benötigt.

Die erforderlichen Unterlagen umfassen die Entwurfsdokumentation des Steuerungsanwenders, wie Funktionsplan, Boolesches Gleichungssystem, systematische Entwurfsunterlagen u. a. Außerdem werden die Adressen-, Adressenreferenz- und Programmliste benötigt.

In den Bildern 64 und 65 sind die beiden üblichen Inbetriebnahmeverfahren dargestellt. Diese Verfahren sind auch kombiniert anwendbar. Während die Methode der manuellen RAM-Programmierung bei geringem Programmumfang von etwa 1 K Worten und bei Inbetriebnahmen problemunabhängiger Steuerungen durch den Anwender zweckmäßig ist, sollte man bei größeren Programmen die maschinelle Aufbereitung nutzen und unter Anwendung der automatischen Datenübernahme von den beschriebenen EPROMs in den RAM des IBG 2000 die Inbetriebnahme durchführen.

Sind alle logischen Komplexe des Programmspeichers auf richtige Datenverarbeitung getestet, dann ist die Inbetriebnahme der Steuerung PS 2000 bzw. PS 2000/1 abgeschlossen.

4.4. Erst- und Folgeinbetriebnahmen

Bei Erstinbetriebnahmen von neuentwickelten Ausrüstungen sind die Hardwareinbetriebnahme sowie die Inbetriebnahme des problemabhängigen Programmes in vollem Umfang entsprechend Abschn. 4.2. und 4.3. durchzuführen. Werden Ausrüstungen in größerer Stückzahl mit unverändertem Programmspeicherinhalt errichtet, dann ist stets eine komplette Hardwareinbetriebnahme notwendig, während der Programmspeicherinhalt der EPROMs durch Betätigen der erforderlichen Prozeßsignalgeber und Kontrolle der zugehörigen Stellglieder getestet wird, ohne daß ein Inbetriebnahmegerät zum Einsatz kommt. Im Fehlerfall ist durch Vergleichslesen getesteter EPROMs mit denen der inbetriebzunehmenden Steuerung unter Verwendung des Programmiergerätes das fehlerhaft programmierte Bauelement zu ermitteln.

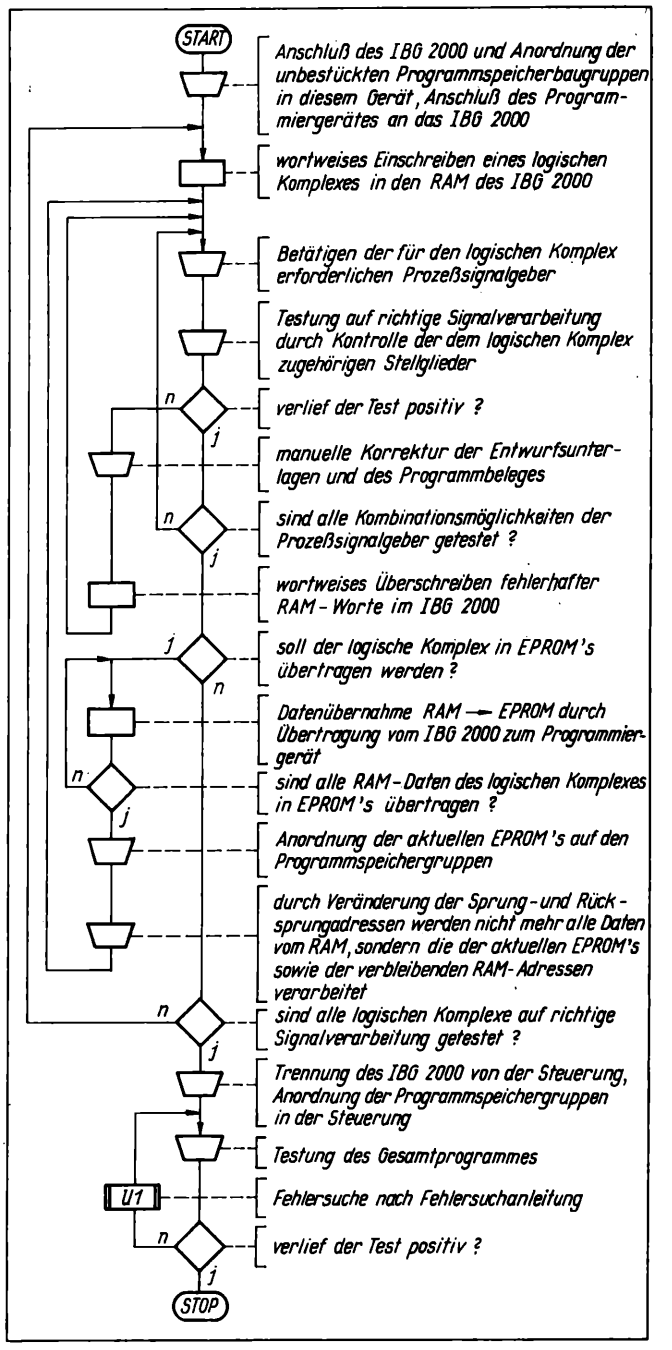


Bild 64. Programminbetriebnahme durch manuelle Programmierung

5. Service

Die Servicekonzeption für die Steuerungen PS 2000 bzw. PS 2000/1 geht von der breiten Anwendbarkeit des Steuerungssystems aus. Sie berücksichtigt weiterhin dessen modularen Aufbau und seine hohe Zuverlässigkeit.

Durch Nutzung der Qualifizierungslehrgänge des Steuerungsherstellers, der Bereitstellung eines umfangreichen Ersatzteilsortimentes sowie der Servicegeräte werden Voraussetzungen für einen umfassenden Eigenservice der Steuerungsanwender geschaffen.

Als Servicegeräte finden die Serviceeinheit, die Prüfadapter sowie das Inbetriebnahme- und das Programmiergerät Anwendung. Außerdem ist ein handelsüblicher Spannungsmesser zweckmäßig.

Im Rahmen der Servicearbeiten sind Verschleißteile (Sicherungen, Filter und NC-Akku) sowie defekte Baugruppen und Kartenbaugruppen durch intakte Teile zu ersetzen. Die Fehlerortung wird durch umfangreiche Anzeigen erleichtert. Serviceeinheiten und Prüfadapter dienen der Testung aller Peripheriebaugruppen.

[1)] Damit ist diese Beitragsfolge beendet. Die Redaktion bedankt sich bei den Autoren.

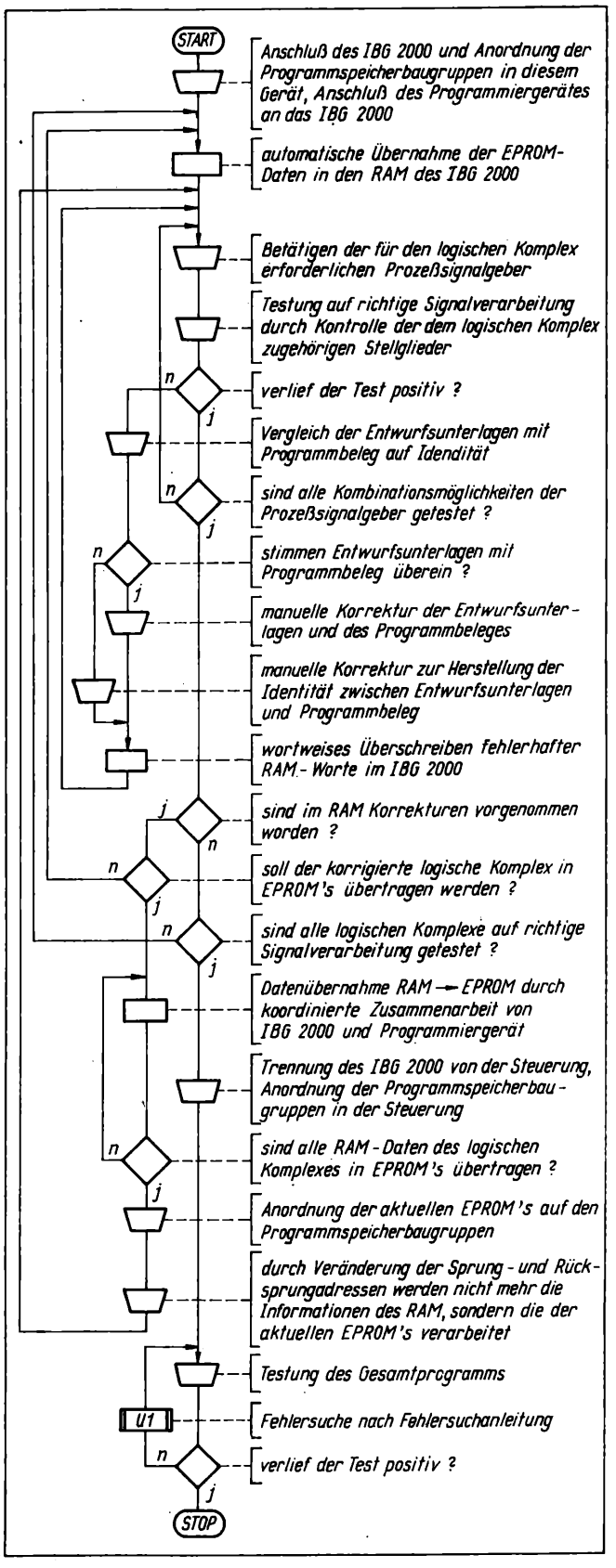


Bild 65. Programminbetriebnahme mit automatischer Datenübernahme EPROM → RAM

Schadhafte EPROMs werden durch die Paritätskontrolle ermittelt. Eine umfassende Fehlersuchanleitung ist das wichtigste Hilfsmittel, um von einem Fehlerbild auf eine Fehlerursache schließen zu können. Während bei EPROMs die Reparatur durch Austausch der steckbaren Bauelemente erfolgt, die durch Inbetriebnahme- und Programmiergerät beschrieben werden, bedient man sich bei allen Baugruppen und Kartenbaugruppen der zentralen Reparatur beim Hersteller. Dieses Verfahren macht sich insbesondere wegen der notwendigen maschinellen Löt- und Prüfarbeiten erforderlich.

Die Vorteile von programmierbaren Steuerungen kommen beim Service dort zur Geltung, wo in einem begrenzten Territorium mehrere Steuerungen des gleichen Typs arbeiten. Obwohl die Ausrüstungen unterschiedliche technologische Prozesse steuern können, ist ein Ersatzteilstock nutzbar. Das Servicepersonal findet in jedem Fall die gleiche Baugruppen- und Konstruktionsstruktur sowie eine gleichartig aufgebaute Dokumentation vor, wodurch die Fehlersuche erheblich erleichtert wird. Der Einsatz integrierter Festwertspeicherbauelemente für den Programmspeicher läßt erwarten, daß die Serviceleistungen weniger zur Fehlerbehebung am problemabhängigen Programm als vielmehr zum Austausch defekter Peripheriebaugruppen benötigt werden.

msr 7177

SYNCHRON-MOTOREN

für

Automatisierung,
Meß-, Steuerungs- und
Regelungstechnik

VEB
SYNCHRONMOTORENWERK

6800 Saalfeld (Saale)
Pößnecker Straße 46
Ruf: Saalfeld (Saale) 28 53/54
Telex: 58 87 13 symo dd

KDT-Empfehlungen zur Formulierung der Automatisierungsziele

Die Effektivität der Investitionen bereits durch die Gestaltung des Entwurfsprozesses zu erhöhen, setzt das Umsetzen der Erkenntnis voraus, daß der Nutzen durch die Automatisierung weitgehend durch die Automatisierungsstrategie bzw. -funktion erzielt wird. Diese Feststellung gewinnt mit dem Vorliegen neuer Automatisierungssysteme auf der Basis von Mikrorechnern entscheidend an Bedeutung. Dieser Erkenntnis gerecht zu werden, verlangt, den Entwurfsprozeß weiter zu qualifizieren. Die bisher übliche Beschreibung des Zusammenwirkens von Technologie, Apparatetechnik und Automatisierungstechnik nach TGL 14091 Blatt 1 bereits in den Phasen vor der Grundsatzentscheidung beinhaltet schon die funktionserfüllende Struktur der Automatisierungslösung.

Die Verwendung der TGL 14091 bereits in diesen frühen Phasen erscheint u. a. deshalb unangebracht, da sie Entscheidungen beinhaltet, für die die real beschaffbaren Ausgangsdaten oft unzureichend sind. Damit ist die wesentliche Voraussetzung nicht mehr gegeben, daß die vorangehenden Entscheidungen insbesondere zur Struktur qualifiziert und belegt getroffen werden.

Mit der Richtlinie des Chemieanlagenbaues „Darstellung der Automatisierungsfunktionen zu errichtender Chemieanlagen" wird die Erfassung und Darstellung des Entwurfs von Automatisierungslösungen entsprechend dem tatsächlichen Informationsumfang möglich. Damit soll eine Formulierung der Automatisierungsstrategie und der Automatisierungsziele ohne Vorwegnahme von Lösungs- (Realisierungs-) Komponenten erreicht werden.

Der Übergang zur Darstellung gemäß TGL 14091 wird danach spätestens in der Bearbeitungsphase zur Grundsatzentscheidung vollzogen.

Damit sind folgende Effekte zu erreichen:

- Präzisierung der verfahrenstechnisch begründeten Wünsche an die Prozeßsteuerung einschließlich Herbeiführung der Widerspruchsfreiheit der Ziele
- Bereitstellung eines Hilfsmittels für die Zusammenarbeit zwischen Verfahrenstechnikern und Automatisierungstechnikern
- Aufdecken möglicher Denkfehler durch Zwang zur Formulierung
- Schaffung einer Basis für Variantenentscheidungen zwischen Stabilisierung durch apparative Maßnahmen oder durch Automatisierung oder zwischen verschiedenen Automatisierungsstrukturen, z. B. verschiedenen Prozeßgrößen (Regelgrößen) als Abbildung für die interessierenden Prozeßvariablen
- Nutzung der Entwurfsfreiheitsgrade bei Automatisierungssystemen auf der Basis von Mikrorechnern, z. B. die Zuordnung von Automatisierungsaufgaben zu verteilten Mikrorechnern.

Beispiele für die Variantenentscheidung sind die Niveauregelung durch Überlauf oder durch Regelung bzw. die Rückmeldung des Anlaufs eines Antriebes über die Drehzahl oder den Motorstrom.

Für Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern ist es wünschenswert, daß signalflußmäßig gekoppelte Vorgänge dem gleichen Mikrorechner zugeordnet werden, damit bei Bedarf eine Entkopplung einfach durch geeignete Programme ohne zusätzliche Signalleitungen möglich ist.

Die Anwender dieser Richtlinie befinden sich im Bereich der Investitionsauftraggeber und der zur Mitarbeit verpflichteten Projektierungseinrichtungen.

Die Richtlinie entstand in enger Zusammenarbeit mit der WS Meß- und Automatisierungstechnik in verfahrenstechnischen Prozessen der KDT (FV Chemische Technik) und dem FA 10, Projektierung, der WGMA.

Der Kern der Richtlinie wurde in der Zeitschrift msr im Heft 7/1980 veröffentlicht.

Die vollständige Richtlinie kann vom BfN des VEB Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma, — Stammbetrieb —, Betrieb Anlagenbau, 7010 Leipzig, Georgiering 1—3, PSF 747, angefordert werden.

msr 7677 *S. Richter; R. Mülle*

Arbeitstagung Fachunterausschuß Temperaturmeßtechnik

Vom 27. bis 29. April 1982 fand in Magdeburg und Colbitz die Arbeitsberatung 1/82 des FUA Temperaturmeßtechnik statt. Sie beschäftigte sich mit folgenden Themen:

- Temperaturmeßtechnik an Großdieselmotoren
- Abschlußbericht zur „Analyse der Anforderungen an Temperaturmeßstellen in der Verfahrenstechnik, im Maschinen- und Apparatebau"
- Programm der Fachtagung „Temperatur '82" vom 3. bis 5. November 1982 in Suhl
- Elektronische Temperatursensoren
- Neue IEC-Empfehlungen zur Temperaturmeßtechnik
- Drifteinfluß auf die Kennlinientoleranzen von Widerstandsthermometern
- Handpyrometer des VEB Meßgerätewerk Magdeburg
- Digitalthermometer des VEB Thermometerwerk Geraberg
- Konzeption einer Neufassung der „Temperaturmeßregeln"(TGL 0-1953).

Nähere Informationen können über den Vorsitzenden des FUA Temperaturmeßtechnik, Doz. Dr.-Ing. *F. Bernhard*, TH Ilmenau, 6300 Ilmenau, Postfach 327, erhalten werden.

msr 7669 *F. Bernhard*

Planungsspiele — neue Entwicklungsetappe

In Nowosibirsk wurde vom 21. bis 25. September 1981 das III. Seminar „Aktive Lehrmethoden und Planungsspiele" durchgeführt. Organisatoren waren die sibirische Abteilung der AdW der UdSSR, das Ministerium für mittlere und höhere Spezialausbildung der RSFSR und eine Reihe weiterer führender Organisationen auf diesem Gebiet. Es wurden über 30 Vorträge von Wissenschaftlern und Spezialisten verschiedener Zweige der Volkswirtschaft zur Entwicklung und Anwendung von Planungsspielen gehalten. Die Tagungsmaterialien [1] wurden in einem gesonderten Sammelband herausgegeben.

Im Übersichtsbeitrag „Entstehung und Stand sowjetischer und ausländischer Planungsspiele", Berichterstatter *M. M. Birstein* u. a., wurde die Situation auf diesem Gebiet dargestellt. Nachforschungen haben ergeben, daß das erste Planungsspiel der Welt im Jahre 1932 in der UdSSR durchgeführt wurde. Inzwischen gibt es, den Referenten zufolge, allein in den USA 2163 Simulationsspiele, davon 396 Planungsspiele. Ein qualitatives Wachstum in Richtung

- Internationalisierung des Bestandes
- Zunahme von handgesteuerten Planungsspielen
- Entwicklung komplizierter Planungsspiele
- Realisierung von TV-Planungsspielen

ist zu beobachten. Wichtige Besonderheit stellt die Entwicklung komplexer Planungsspiele auf der Basis von Rechnern dar, die die Einbeziehung eines großen Teilnehmerkreises und die Durchführung des Unterrichts über große Entfernungen unter Nutzung von Fernmeldekanälen gestatten. Für moderne Planungsspiele sind eine breitere Thematik, höhere Kompliziertheit und größerer Umfang der zu simulierenden Prozesse charakteristisch. Die Anwendung dieser Spiele wird auch auf andere Himmelskörper ausgedehnt, z. B. auf den Mond oder auf die Erde vor 3,5 Tausend Jahren; es wurden Fragen der Steuerung der Wirtschaft des gesamten Planeten unter den Bedingungen des beginnenden 21. Jahrhunderts behandelt. Die auf dem Seminar gehaltenen Vorträge können in 3 Anwendungsgruppen eingeteilt werden:

- Anwendung von Planungsspielen für die Ausbildung von Hochschulstudenten, Schülern höherer Klassen und Teilnehmer an technischen Berufsbildungseinrichtungen
- Anwendung von Planungsspielen für die Ausbildung von Mitarbeitern des Leitungsapparates in den verschiedenen Ebenen
- Anwendung von Planungsspielen für die Erhöhung der beruflichen Fertigkeiten und die weitere Qualifizierung von Mitarbeitern medizinischer Dienste.

Allgemeine Schlußfolgerung aus allen Vorträgen ist die sichtbar verstärkte Anwendung von Simulationsmethoden, Modellen und Planungsspielen im Prozeß der aktiven Ausbildung auf den verschiedensten Gebieten der Volkswirtschaft, an den Hochschulen und in der berufstechnischen Lehre.

Zur ersten Vortragsgruppe gehörte der Vortrag von *V. I. Rybalskij* „Der Komplex Planspiele an einer Technischen Hochschule". Darin wurde an konkreten Beispielen und auf der Grundlage umfangreicher Erfahrungen bei der Anwendung von Planspielen deren große Bedeutung für die moderne Ingenieurausbildung aufgezeigt.

Im Vortrag von *A. A. Verbozkij* „Planungsspiele als Modelle beruflicher Tätigkeit" wurde ausgeführt, daß in der gegenwärtigen Etappe der Entwicklung unserer Gesellschaft die Hochschule ein wichtiger Bestandteil des Gesamtsystems der Volkswirtschaft ist, der die Funktion der Heranbildung hochqualifizierter Kader und Fachspezialisten hat. In dieser Richtung wurde das Erscheinen einer neuen Form der Ausbildung hervorgehoben, bei der sich die Aneignung des Wissens, die Herausbildung von Fähigkeiten und Fertigkeiten gleichsam auf das Gerüst professioneller Tätigkeit bezieht, die in der Ausbildung in einer gewissen Modellform dargestellt wird. Der Vortragende schlug vor, diesen Ausbildungstyp „Zeichen — textabhängige Ausbildung" zu nennen. Beispiel in dieser Richtung sind Planspiele und Methoden der aktiven Ausbildung. Auf der Grundlage praktischer Daten erläuterte der Autor, daß für die umfassende Einführung von Planungsspielen umfangreiche Forschungsarbeiten auf den Gebieten solcher Wissenschaften, wie Pädagogik, Psychologie und Ingenieurwissenschaft, notwendig sind. Das Planungsspiel betrachtete der Vortragende vom Standpunkt der Substitution zweier Realitäten — des Produktionsprozesses und des Prozesses der Tätigkeit der darin beschäftigten Menschen. Bei der Erarbeitung eines Planspieles tritt der Projektant in 2 Funktionen auf: als Ingenieur und Pädagoge.

Im Vortrag von *V. F. Komarow* „Die Methodik der Erarbeitung von Planspielen" wurden Erfahrungen und Methoden der Erarbeitung von Planungsspielen, die auf Projektierungsrichtlinien ASU basieren, beschrieben. Der Gesamtprozeß der Erarbeitung verläuft in 4 Etappen: Technische Aufgabenstellung, technisches Projekt, Ausführungsprojekt, Erprobung. Jede Etappe wird mit der Erarbeitung einer Projektdokumentation abgeschlossen.

Der Vortrag von *L. A. Basilevič* war dem Thema „Universelles Modell eines Planspieles als Simulationssystem" gewidmet. Der Autor zeigte die Durchführung von Planungsspielen der Typen „Karriere" und „Reaktor" unter Verwendung von Rechnern des Typs ES zur Bearbeitung der Resultate aus zyklischen Wiederholungen des Spieles im Stapelregime. Die Realisierung konkreter Ergebnisse und die Generierung von Situationen im Verlauf des Spieles werden mit Hilfe von Zufallszahlengeneratoren und Situationsbanken durchgeführt. Ergebnisse aus Planungsspielen waren im Vortrag von *Ju. V. Četverikov* „Planungsspiel Silhouette-P" dargelegt. Im Planungsspiel „Steuerung der Entwicklung eines Territoriums" *von N. W. Syskin* u. a. wurden folgende Aufgaben gelöst: Wo, wann und mit welchem Tempo werden Objekte geschaffen, wie müssen Betriebe der Bauindustrie eingerichtet werden und funktionieren, damit sie die Schaffung von Komplexobjekten sicherstellen.

Zu den großen Planungsspielen muß der Vortrag von *N. V. Anochin* u. a. „Simulation der Funktion der Weltwirtschaft" gerechnet werden. Dieses Planungsspiel stellt den Versuch dar, die Methode der Planungsspiele als Mittel für das Erkennen des Einflusses der internationalen wirtschaftlichen Beziehungen auf das Welt-Ökonomiesystem zu verwenden. Das Durchspielen einer derartigen Simulation dauert 4 Stunden. Charakteristisch für die Planungsspiele des dritten Typs waren Vorträge, wie der von *L. B. Naumov* „Patienten mit Brustbeschwerden". Das Spiel folgt bei der Simulation der professionellen Tätigkeit des Arztes unter den Bedingungen einer extremen Situation, mit der Notwendigkeit der schnellen Erkennung der Ursachen für das Entstehen starker Brustschmerzen und der Durchführung einer optimalen Behandlung des Patienten.

Die Gesamtsimulation umfaßt die Differentialdiagnose von 21 Erkrankungen verschiedener Organe, die starke Brustschmerzen verursachen können.

Das Planungsspiel „Verwundete auf dem Kampffeld" der Vortragenden *A. M. Konovalov* u. a. hatte die Möglichkeit der Modellierung extremer klinischer und medizinisch-taktischer Situationen bei der medizinischen Hilfe für Verwundete während der verschiedenen Etappen ihrer Evakuierung vom Kampffeld zum Ziel.

Die auf dem Seminar gehaltenen Vorträge und die Resultate aus den Diskussionen unterstreichen die Notwendigkeit

der weiteren breiten Anwendung der aktiven Methoden der Ausbildung und der Planungsspiele bei der Heranbildung von leitenden Kadern, Spezialisten, Studenten, Schülern höherer Klassen und berufstechnischer Schulen aller Zweige der Volkswirtschaft.

Bei der Projektierung von Planungsspielen und ihrer Umsetzung in die Praxis kommen modernste Mittel der Rechentechnik, Methoden der mathematischen Modellierung, Erkenntnisse der Pädagogik, Ingenieurpsychologie und Ergonomik zur Anwendung.

Zur Beschleunigung der Weiterentwicklung von Planungsspielen wird vorgeschlagen:

- Durchführung einer internationalen Konferenz der sozialistischen Länder zu Fragen der Planungsspiele und der aktiven Ausbildungsmethoden
- gemeinsames Studium der Arbeitserfahrungen auf diesem Gebiet
- Herausgabe eines Kataloges über Planungsspiele; erster Schritt dazu wird die Darbietung interessanter Planungsspiele auf der Ausstellung „Mittel der Mechanisierung und Automatisierung ingenieurtechnischer- und Leitungstätigkeit" sein, die im April 1982 in Leningrad durchgeführt wird.

Literatur

[1] Vortragsthesen zum III. Seminar „Aktion Ausbildungsmethoden und Planungsspiele" der sibirischen Abteilung der AdW der UdSSR, 21. bis 25. September 1981, Nowosibirsk/UdSSR.

msr 7020 *V. Goruchin*

5. Zentrale Applikationskonferenz Mikroelektronik

Die bauelementeherstellenden Kombinate Mikroelektronik, Elektronische Bauelemente, Keramische Werke Hermsdorf und NARVA „Rosa Luxemburg" führten in Fortsetzung guter Tradition am 14. Januar 1982 im Kulturhaus des VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin ihre 5. zentrale Applikationskonferenz zur Mikroelektronik durch.

Die Konferenz vereinte 250 Vertreter der Hersteller- und Anwenderbetriebe elektronischer Bauelemente aus allen Bereichen der Volkswirtschaft der DDR sowie weitere Vertreter von staatlichen und gesellschaftlichen Einrichtungen.

H. Wedler, Generaldirektor des VEB Kombinat Mikroelektronik, hielt das Grundsatzreferat über Stand und Entwicklungsrichtungen der Mikroelektronik in den bauelementeherstellenden Kombinaten. Der Vortragende stellte, ausgehend vom gegenwärtig in der DDR vorhandenen und zulässigen Sortiment moderner aktiver und passiver Bauelemente, die weiteren Entwicklungsziele, die Anforderungen an die Produktion und die Haupteinsatzgebiete dar. Er schätzte ein, daß seit dem X. Parteitag der SED bereits gute Ergebnisse bei der Versorgung der Geräteentwickler mit einem umfassenden und modernen Sortiment elektronischer Bauelemente erzielt werden konnten und setzte sich für eine zielstrebige und langfristige Weiterführung dieser Entwicklung ein.

Vertreter des VEB NUMERIK „Karl Marx" — Koordinierungszentrum für den Einsatz von Industrierobotern in der DDR und verantwortlich für den Aufbau einer Datenbank „Industrierobotertechnik" — schlossen sich mit einem Diskussionsbeitrag über elektronische Steuerungssysteme und ihre Anwendung in Industrierobotern an. Im Mittelpunkt der Ausführungen stand dabei das in Entwicklung befindliche Steuerungssystem IRS 650 für Technologieroboter. Eine Darstellung der wichtigsten Baugruppen sowie ein Vergleich der Steuerungen für Roboter und Werkzeugmaschinen wurden vorgenommen. Der Kurzvortrag kennzeichnete den erreichten Entwicklungsstand und die erforderlichen weiteren Anstrengungen aller Werktätigen des Industriezweiges zur Realisierung des umfassenden und beschleunigten Einsatzes von Industrierobotern in der DDR.

Ein Kurzvortrag, der sich ebenfalls mit Aspekten der Entwicklung und des industriellen Einsatzes von Robotern befaßte, wurde von Fachkollegen aus dem VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert" zum Thema „Entwicklungen und Leistungen für Forschungszentren auf dem Gebiet der Robotertechnik" gehalten. Hier erhielten die Konferenzteilnehmer Hinweise zur Einsatzvorbereitung und zur Ökonomie des Einsatzes von Industrierobotern; Beispiele für die verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten bei der Entwicklung von Beschickungsrobotern wurden durch Vorführung entsprechenden Bildmaterials gezeigt. Auf das Datenbank-System für Industrierobotertechnik und seine Nutzung wurde kurz eingegangen.

In einem weiteren Diskussionsbeitrag aus dem VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder (HFO) wurde den Teilnehmern der Konferenz das System der Integrierten Schaltungs-Anordnungen („HFO-ISA-System") vorgestellt, das bereits zum X. Halbleiter-Bauelemente-Symposium im Mai 1981 bekannt gemacht wurde. Dieses System von vorkonfektionierten integrierten Schaltkreisen, d. h. festen Elementanordnungen mit später einzuarbeitenden, den Erfordernissen des Anwenders angepaßten Verbindungen, umfaßt gegenwärtig neun Grundchips für analoge und digitale Anwendungen. Das ISA-System ist besonders bei kleineren Stückzahlen (bis 10000 IS) effektiv. Bauelementehersteller und -anwender erreichen bei Nutzung des Systems bedeutende Rationalisierungseffekte, vor allem durch eine drastische Verkürzung von Entwicklungszeiten. Auf die Verfügbarkeit eines ISA-Handbuches wurde verwiesen.

Von Mitarbeitern aus dem Kombinat Robotron wurde ein Diskussionsbeitrag über das universelle Mikrorechnerentwicklungssystem K 1600 vorgetragen. Das System hat einen hohen Standardisierungsgrad und besteht aus den drei Modellen K 1620, K 1630 und K 1630 M.

Es folgten detaillierte, katalogartige Ausführungen zu den Baugruppen der drei Modelle, die sich durch abgestufte Speicherkapazitäten unterscheiden. Umfangreiche Systemprogramme sind bereits verfügbar. Mit diesem modernen Mikrorechnerentwicklungssystem wird die schrittweise Ablösung der Systeme R 4000 und R 4001 eingeleitet, bei bedeutender Erweiterung der Anwendungsbereiche, von denen besonders zu nennen sind:

- automatisierte Produktionssteuerungen
- Ausstattung von Konstruktionsarbeitsplätzen
- Labor- und Prüffeldautomatisierung
- universelle Informationsverarbeitung.

Mit dieser Entwicklung stellt sich auch das Kombinat Robotron den hohen Anforderungen der 80er Jahre.

Besondere Beachtung fanden Diskussionsbeiträge der Leiter der Beratungs- und Informationsstellen Mikroelektronik (BIS) des VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin in den Bezirken Halle und Erfurt. Hier wurden Ergebnisse und Erfahrungen aus der Tätigkeit der BIS dargelegt, die sich in die folgenden Hauptgebiete unterteilen:

- Beratung von Klein- und Mittelbetrieben des Territoriums bei der Erarbeitung von Einsatzkonzeptionen zur Mikroelektronik sowie bei der Lösung von Rationalisierungsaufgaben
- Informationen zum Gesamtsortiment elektronischer Bauelemente und moderner elektronischer Geräte
- gemeinsame Entwicklung von mikroelektronischen Lösungen
- Organisierung von Weiterbildungsveranstaltungen.

Übereinstimmend wurde festgestellt, daß die Bildung der BIS und die qualifizierte Fortsetzung ihrer Tätigkeit ein guter Beitrag zur beschleunigten Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik in der DDR ist.

Das Schlußwort der Konferenz hielt *H.-E. Herzog*, stellvertretender Minister für Elektrotechnik und Elektronik. Er faßte die wesentlichen Aspekte der Diskus-

sionsbeiträge zusammen und ging vor allem auf die mit der Mikroelektronik zusammenhängenden ökonomischen Erfordernisse in der DDR ein. Die Notwendigkeit der immer besseren Arbeitsteilung zwischen den Bauelementeherstellern und -anwendern sowie die konsequente Orientierung auf das verfügbare Bauelementesortiment wurden nachdrücklich betont.

Einen repräsentativen Rahmen erhielt die Konferenz durch eine aktuelle Sonderausstellung „Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik". Hier wurden die wesentlichen Sortimente der in der DDR vorhandenen und perspektivisch verfügbaren elektronischen Bauelemente vorgestellt. Daneben gab die Ausstellung einen Überblick zu den vorhandenen Informationsmöglichkeiten, den Weiterbildungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Mikroelektronik und enthielt gut ausgewählte Anwendungsbeispiele, von denen hier nur einige genannt werden sollen:

- Banknotenprüfgerät für die Staatsbank der DDR
- elektronisches Dieseleinspritzsystem für Großdieselmotoren
- temperaturgeregelter Lötkolben mit Regelelektronik im Griff
- elektronische Regeleinrichtung zur Klimatisierung von Gewächshäusern.

Auf die Möglichkeiten einer Nachnutzung dieser und anderer Anwendungsbeispiele der Elektronik durch Nutzung des im Aufbau befindlichen Zentralen Nachweisspeichers Angewandte Mikroelektronik (ZNAM) im VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin wurde auf einer gesonderten Tafel verwiesen.

Den Teilnehmern der Konferenz wurde eine gut gestaltete und umfassende Konferenzmappe, mit der das Anliegen der Applikationskonferenz durch ein breites Spektrum an Informationsmaterial bereichert und unterstrichen wurde, überreicht.
Mit dieser Konferenz fand ein notwendiger und erfolgreicher Dialog über aktuelle Probleme der Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik statt.

msr 7656 *M. Arnold*

II. Kolloquium Meß- und Prüftechnik für elektronische Systeme an der IH Zwickau

Die IH Zwickau veranstaltete am 17. und 18. März 1982 ihre 4. Wissenschaftliche Konferenz „Rationalisierung im Maschinenbau" mit insgesamt neun Fachgruppen, davon zwei der Elektrotechnik/Elektronik. Das o. g., als Fachgruppe E2 stattfindende II. Kolloquium beschäftigte sich speziell mit theoretischen Problemen der Meß- und Prüftechnik unter dem Aspekt der Anwendung elektronischer Meß- und Prüfeinrichtungen sowie dem Messen und Prüfen in elektronischen Systemen.

Die stürmische Entwicklung der Elektronik macht auch vor der Meßtechnik nicht halt. Einerseits führt dies zur immer stärkeren Durchdringung der Meß- und Prüftechnik mit elektronischen Mitteln, andererseits aber auch zu neuen Meß- und Prüfmitteln für elektronische Systeme selbst.

Grundlage und Ausgangspunkt einer leistungsfähigen Meß- und Prüftechnik ist eine entsprechende Meßtheorie.

Auf diesem Gebiet wurden in den letzten Jahren enorme Fortschritte erzielt. Deshalb wurden die Beiträge zu dieser Problematik als erster Themenkomplex an die Spitze gestellt. *Wolfg. Richter*, TH Leipzig, untersuchte an physikalisch erkennbaren Sachverhalten den Aufbau einer umfassenden statistischen Konzeption des Beobachtens, die die determinierten Gesetzmäßigkeiten als Grenzbeziehungen ansieht. *H. Schaefer* u. a., TH Karl-Marx-Stadt, behandelten das Problem der Informationsgewinnung aus stark verrauschten Signalen mit Hilfe sequentieller Verfahren.

Die Anwendung der Mikroelektronik, insbesondere der Mikrorechentechnik, in der Meßtechnik bildete den zweiten Themenkomplex. Hierbei ist einerseits die Tendenz festzustellen, daß durch den Einsatz der Mikrorechentechnik Geräte zur Messung der verschiedensten elektrischen und nichtelektrischen Größen leistungsfähiger und intelligenter werden. Andererseits sind komplexe Meßaufgaben, wie sie in großen Meßwertverarbeitungsanlagen anfallen, mit vertretbarem technischem und ökonomischem Aufwand durch diesen Umstand überhaupt erst realisierbar.

G. Engler / U. Katzula, IH Zwickau, berichteten über Erfahrungen mit rechnergesteuerter Meßtechnik in der Kfz-Diagnostik, wobei ein programmierbarer Tischrechner EMG 666 zum Einsatz kam.

Ausgehend von den vielseitigen praktischen Anforderungen sind die Erscheinungsformen einzelner Meßwertaufnehmer und Wandler trotz allgemeiner Meßtheorie äußerst vielfältig. Auch hier haben die Fortschritte in der Elektronik zu neuen, bisher nicht machbaren Lösungen geführt. Der dritte Themenkomplex hatte daher neue Entwicklungstendenzen der Sensortechnik zum Gegenstand.

D. Hofmann, Friedrich-Schiller-Universität Jena, gab einen aktuellen Überblick über die Entwicklungstendenzen der Sensortechnik. Dabei wurde die Bedeutung der Sensoren gezeigt, ein Vergleich biologischer und technischer Sensoren angestellt und die zu erwartende technische Entwicklung (digitalisierte, rechnergestützte Sensorensysteme) herausgearbeitet. *W. Richter*, TH Leipzig, behandelte den Einfluß der Mikroelektronik auf die Sensortechnik an Beispielen aus der Prozeßmeßtechnik, wobei ausgehend von allgemeingültigen Merkmalen der jetzigen „ersten Generation" von Sensoren die Merkmale einer „zweiten Generation" abgeleitet wurden und gezeigt wurde, daß die elektronische Informationsverarbeitung diese Vorstellungen realisierbar werden läßt. *D. Schmidt*, IH Wismar, beschäftigte sich mit dem Einsatz optischer Sensoren in der Automatisierungstechnik und deren Vor- und Nachteilen, während *J. Klötzner*, IH Zwickau, ein spezielleres Problem behandelte. Er untersuchte den Einsatz piezokeramischer Schwingungsaufnehmer unter Berücksichtigung thermischer Störungen. Letztere können mit Methoden der Übertragungstheorie erfaßt werden.

Der vierte Themenkomplex beschäftigte sich mit Verfahren zur Meßwertverarbeitung und -speicherung. Die hier aufgenommenen Beiträge beruhten auf Erkenntnissen, die aus Forschungsergebnissen der IH Zwickau bzw. ihrer Partnerhochschulen abgeleitet wurden. *K. Gola*, IH Zwickau, stellte ein statistisches Auswerteverfahren vor, das bei Meßreihen die Trennung systematischer und zufälliger Fehleranteile gestattet. *W. Kindl* u. a., IH Zwickau, beschrieben interne elektronische Kontrollsysteme für Antiblockiersysteme in Kraftfahrzeugen, wobei insbesondere das Messen und Bewerten der Verzögerung, der Beschleunigung und des Bremsschlupfes der gebremsten Räder eine Rolle spielen. *J. Csóka / L. Hodossy*, TH Györ/Ungarische VR, beschäftigten sich mit der Feuchtemessung in organischen Granulaten und verglichen kritisch verschiedene Verfahren. Ein für den Einsatz in Regelsystemen geeignetes Verfahren wurde näher beschrieben. Weitere Beiträge befaßten sich mit der Erfassung und Speicherung von Meßwerten. *H. Ernst*, Wismut-Krankenhaus Zwickau, stellte ein tragbares FM-Magnetbandkassetten-Gerät für die Aufzeichnung tiefstfrequenter Signale vor. *P. Kaps*, TU Dresden, trug über die Nutzung der Möglichkeiten des Mikrorechners K 1510 durch hardwaremäßige Kopplung mit einer Fernschreibmaschine für die Erfassung, Korrektur und Speicherung von Meßwerten und Texten vor.

Nach Meinung der Teilnehmer des Kolloquiums stellen die in den Vorträgen dargestellten Übersichten und Problemlösungen einen wirksamen Beitrag zur Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts dar.

msr 7647 *K. Gola, J. Klötzner*

Aufbau und Untersuchung analytischer Modelle für Betriebsmittelvergabesysteme (Multiresourcensysteme)

In der Arbeit werden die Verkehrsabläufe von Bedienungssystemen modelliert, in denen Aufträge (Jobs) mehrere Betriebsmittel (Ressourcen) gleichzeitig zu ihrer Bearbeitung benötigen. Solche Bedienungssituationen treten in den verschiedensten Rechnersystemen auf. Die vorgelegten Untersuchungen sollen Aufschlüsse über das Verhalten solcher Systeme liefern

Arbeitsmethoden, Ergebnisse:

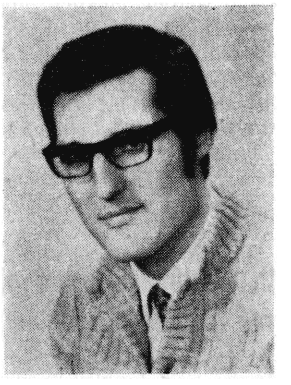
Es wird angenommen, daß die Zufallsfolge der im System eintreffenden Aufträge einen Poissonschen Strom darstellt. Die Bearbeitungszeiten für die Jobs seien unabhängig und exponentiell verteilt. Die Bearbeitungseinheit besteht aus k unterschiedlichen Ressourcentypen mit je r_i $(i = 1, \ldots, k)$ Einheiten. Die von den Aufträgen benötigten zufälligen Mengen an Betriebsmitteln seien ebenfalls unabhängig voneinander und haben ein gemeinsames Verteilungsgesetz.
Unter den genannten Voraussetzungen bilden die Grobzustände des Systems eine homogene Markovsche Kette $(G_t)_{t \geqq 0}$, deren stationäre Zustandswahrscheinlichkeiten mit der sog. Δt-Methode berechnet werden können. Für die Beschreibung der Grobzustände muß dabei die Belegung der Bearbeitungseinheit durch einen Belegungsvektor beschrieben werden.
Die Berechnungen wurden für unterschiedliche System-Konfigurationen durchgeführt. Die sich bei der Δt-Methode ergebenden linearen Gleichungssysteme konnten in allen betrachteten Fällen iterativ gelöst werden. Für eine Reihe von Spezialfällen konnten darüber hinaus Näherungsverfahren angegeben werden, mit denen sich wichtige Kenngrößen (Durchsatz, Auslastung) wesentlich vereinfacht ermitteln lassen. Charakteristisch für die Arbeit von Multiressourcensystemen sind sog. Restverluste. Darunter versteht man die Anzahl der nichtaktiven Ressourcen für den Fall, daß sich wartende Aufträge im System befinden. Durch diese Restverluste hat ein solches System stets eine geringere Effektivität als ein vergleichbares „klassisches" Bedienungssystem.

In der Arbeit wird die Effektivität von Multiressourcensystemen ausführlich untersucht.

Die folgenden einfachen Aussagen über die Effektivität multipler Systeme lassen sich aus den quantitativen Untersuchungen der Arbeit ableiten. Sie sollten auch für eine Reihe realer Rechnersysteme gelten.

Eine hohe Effektivität ergibt sich, wenn

- die Forderungen der einzelnen Aufträge klein gegenüber dem gesamten Ressourcenvorrat sind
- das Verhältnis von mittlerer Forderungsgröße zum Ressourcenvorrat für alle Ressourcentypen gleich ist
- für die Ressourcenzuteilung Planungsalgorithmen verwendet werden, die mit Prioritäten arbeiten
- ausreichende Zwischenspeicher zur Verfügung stehen
- die Zahl der Ressourcentypen möglichst klein ist.



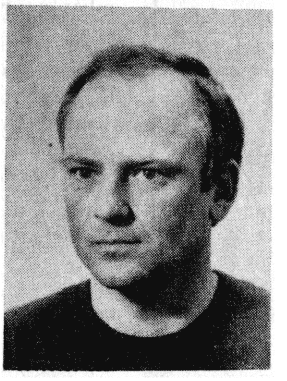
K. Rammelt wurde am 4. August 1941 in Halle (Saale) geboren; von 1960 bis 1965 Studium der Schwachstromtechnik an der TH/TU Dresden; Abschluß 1965 als Dipl.-Ing. für Elektrotechnik, seit 1966 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für maschinelle Rechentechnik, später Wissenschaftsbereich mathematische Kybernetik und Rechentechnik.
Dissertation A an der Technischen Universität Dresden, Sektion Informationsverarbeitung; Dresden, 11. September 1981.

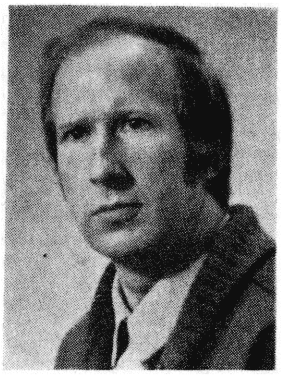
Doktorand: Dipl.-Ing. *K. Rammelt*
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr. rer. nat. habil. *G. Stiller*
Gutachter: Prof. Dr. sc. nat. *D. König*
Prof. Dr.-Ing. habil. *N. J. Lehmann*
Prof. Dr. sc. techn. *H. Löffler*

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TU Dresden ausgeliehen werden.

msr 7644 Dr.-Ing. *K. Rammelt*, TU Dresden, Sektion Mathematik, WB mathematische Kybernetik und Rechentechnik, 8027 Dresden, Mommsenstr. 13.

Die rechnergestützte Gestaltung der Informationsbasis eines automatisierten Informationssystems für Elektroenergie-Verteilungsnetze im VEB Energiekombinat Dresden





J. Koritz (links), geb. am 3. November 1942; von 1962 bis 1968 Studium an der TU Dresden in der Fachrichtung Wärmetechnik; 1968 Abschluß als Dipl.-Ing.; nach dem Studium Einsatz als Schichtingenieur im HKW Dresden; seit 1970 als Problemanalytiker in der Hauptabteilung für sozialistische Wirtschaftsführung des VEB Energiekombinat Dresden tätig.
E. Winter (rechts), geb. am 7. Oktober 1943; von 1962 bis 1963 Facharbeiterausbildung als Maschinenschlosser in der BBS des VEB Schiffswerft „Neptun" in Rostock; anschließend Studium an der Ingenieurschule für Eisenbahnwesen Dresden; Abschluß als Ingenieur für Sicherungs- und Fernmeldetechnik; danach Tätigkeit als Entwicklungsingenieur bei der Deutschen Reichsbahn, später in verschiedenen Funktionen der Datenverarbeitungsorganisation im VEB Energiekombinat Dresden; Fernstudium an der TU Dresden, Fachrichtung Fernmeldetechnik; 1974 Abschluß als Dipl.-Ing.
Dissertation A an der Technischen Universität Dresden, Sektion Informationsverarbeitung; Dresden, 12. November 1981

Doktoranden: Dipl.-Ing. *J. Koritz*
Dipl.-Ing. *E. Winter*
Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr. rer. oec. *D. Schubert*
Gutachter: Prof. Dr. sc. techn. *W. Belke*
Prof. Dr. sc. techn. *H. Fischer*
Dr.-Ing. *I. Klier*
Dr. oec. *G. Müller*

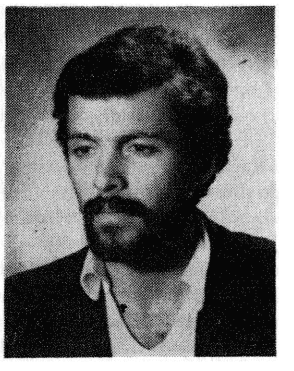
Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TU Dresden entliehen werden.

msr 7645 Dr.-Ing. *J. Koritz*, VEB Energiekombinat Dresden, Bereich DW, 8010 Dresden, Friedrich-List-Platz 2/6; Dr.-Ing. *E. Winter*, VEB Energiekombinat Dresden, Bereich HHT, 8028 Dresden, Fabrikstraße.

Für die Gestaltung von automatisierten Informationssystemen (AIS) liegen bisher nur wenig verwertbare Erfahrungen vor. Brauchbare Technologien, Methodik und praktikable Gestaltungshilfsmittel sind nur in geringem Umfang vorhanden. Insbesondere trifft das für den Aufbau der Informationsbasis zu, d. h. der Auswahl und der Strukturierung der

aufzunehmenden Informationseinheiten. Aus dieser Tatsache leitet sich die Zielstellung für die Arbeit ab. Sie besteht darin, einen theoretischen und praktischen Beitrag zur Gestaltung der Informationsbasen von AIS zu leisten.
Dazu werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie der Prozeß der AIS-Gestaltung durch die Nutzung einheitlicher Methoden und Technologien rationell durchgeführt werden kann, d. h., auf welche Art und Weise die diesbezüglich bestehende technologische Lücke in der DDR geschlossen werden kann.
Der praktische Beitrag wird realisiert durch die Entwicklung des technologischen Mittels REDAS, eines Systems zur rechnergestützten Analyse, Synthese und Strukturierung von Informationseinheiten. Das Verfahren basiert auf dem Codd'schen Relationsmodell und erzeugt Relationen, die sich in der zweiten Normalform befinden. Dadurch werden die Forderungen bezüglich der Objektbezogenheit von Informationseinheiten in Informationsbasen erfüllt.
Durch den Einsatz des Systems REDAS bei der Gestaltung der Informationsbasis des AIS für Elektroenergie-Verteilungsnetze im VEB Energiekombinat Dresden konnten seine Wirkungsweise sowie die volle Funktionsfähigkeit dokumentiert werden. Die Ergebnisse zeigen, daß die Anwendung von REDAS zu einer Rationalisierung und Qualifizierung des Gestaltungsprozesses von AIS beiträgt.

Untersuchungen zur Projektierung und Implementierung von relationalen Datenbanken



W. Katschibaja, geb. am 4. Oktober 1955; 1972 bis 1977 Studium am Georgischen polytechnischen Institut in Tbilissi, Fachrichtung „Automatisierte Steuersysteme", 1977 Abschluß als Dipl.-Ing.; 1977 bis 1979 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl „Automatisierte Steuersysteme" des Georgischen Polytechnischen Instituts; 1979 bis 1982 Aspirant an der Sektion Informationsverarbeitung der TU Dresden.

Dissertation A an der Technischen Universität Dresden; Dresden, 21 Januar 1982.

Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr.-Ing. habil. *O. Herrlich*
Doktorand: Dipl.-Ing. *W. Katschibaja*
Gutachter: Prof. Dr. sc. techn. *W. Belke*
Prof. Dr. sc. nat. *J. Bormann*
Dr. rer. nat. *W. Werner*

Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TU Dresden ausgeliehen werden.

msr 7646 Dr.-Ing. *W. Katschibaja*, TU Dresden, Sektion Informationsverarbeitung, 8027 Dresden, Dürerstr. 26.

In den letzten Jahren gewinnen die relationalen Datenbanken immer mehr an Bedeutung. Diese Tatsache erfordert eine grundsätzliche Untersuchung von Projektierungsmethoden der relationalen Datenbanken. Die Aufgabe der vorgelegten Arbeit bestand in der Untersuchung von relationalen Datenbanken sowie in der Erarbeitung einer Strategie ihrer Projektierung.
Diese Strategie erlaubt es, die ganze Datenbankprojektierung wie einen schrittweise optimierten Prozeß darzustellen, wobei die Schritte der Projektierung als jeweils auseinander generiert betrachtet werden können.
Insgesamt kann der Prozeß durch zwei Projektierungsetappen dargestellt werden, die der logischen und der physischen Projektierung der relationalen Datenbank entsprechen. Der Prozeß beginnt mit der Modellierung der realen Welt, wobei eine eindeutige Abbildung der realen Welt ermittelt wurde. Nach der Modellierung wurde die Schaffung des logischen (konzeptuellen) Schemas der Datenbank durchgeführt. Als Resultat wurde ein logisches Schema in der fünften Normalform erzeugt, die aufgrund der allgemeinen nichtfunktionalen Abhängigkeiten definiert wurde. Als letzte Phase des Projektierungsprozesses wird die Abbildung des logischen Schemas auf einen Speicher eines Rechnersystems angesehen.

Folgende Ergebnisse liegen vor:

- Darstellung und Begründung einer Projektierungsstrategie für die relationalen Datenbanken
- Beitrag zur Objektbeschreibung unter Nutzung und Hervorhebung binärer Relationen als wesentliche Verbindungen in semantischen Netzen
- Entwicklung und Nutzung einer axiomatischen Theorie der Abhängigkeiten zur Definition der fünften Normalform
- Implementierung der Algorithmen zur Selektierung der funktionalen Abhängigkeitsstruktur von Relation und zur Schaffung der 3. Normalform
- Vorschlag eines Algorithmus zur Projektierung des aus zwei Teilen (dynamischer und statischer Teil) bestehenden logischen Schemas.

Eine „gute" Datenbank kann durch eine effektive Modellierung der realen Welt und Projektierung des logischen Schemas und durch eine hinreichende Selektion der Zugriffs- und Speicherungsmethoden projektiert werden. Ein gutes Modell der Realität verlängert die Lebensdauer der Datenbank. Eine effektive Projektierung des logischen Schemas gewährleistet die größte Datenunabhängigkeit, die sogar als Ziel der Datenbankprojektierung angesehen werden kann.

Da das logische Schema der Datenbank als eine Momentaufnahme angesehen wird, besteht eine wichtige Frage in der Erarbeitung eines sogenannten dynamischen Schemas der Datenbank.

Zu den offenen Problemen gehören hier die Schaffung eines mathematischen Verfahrens der dynamischen Modellierung der realen Welt sowie die Entwicklung entsprechender Datenbeschreibungs- und Datenmanipulierungssprachen.
Die eingereichten Ergebnisse können auf der Etappe der logischen Projektierung der relationalen Datenbanken verwendet werden.

**Prospektmaterial
über die Literatur des VEB VERLAG TECHNIK BERLIN
fordern Sie bitte
bei Ihrem Buchhändler an**

V. M. Gluškov verstorben

Am 30. Januar 1982 verstarb im Alter von 58 Jahren nach längerer Krankheit der namhafte sowjetische Wissenschaftler Professor *V. M. Gluškov*. Für die sowjetischen und ausländischen wissenschaftlichen Fachkollegen bedeutet das einen schweren Verlust.

V. M. Gluškov wurde am 24. August 1923 in Rostov am Don geboren. Er studierte an der dortigen Staatlichen Universität und lehrte danach am Waldwirtschaftlichen Institut des Ural. Am Beginn seiner wissenschaftlichen Tätigkeit stand die Entwicklung aktueller Aspekte der modernen Algebra. Seit 1956 sind seine Arbeiten eng mit der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR verbunden, an der er Gründer und ständiger Direktor des Institutes für Kybernetik war. Dieses Institut entwickelte sich unter seiner Leitung zu einem bedeutenden Zentrum in einigen Forschungsrichtungen auf den Gebieten der Kybernetik und der Rechentechnik.

V. M. Gluškov selbst trug Wesentliches zur mathematischen, kybernetischen und rechentechnischen Grundlagenforschung bei. Er entwickelte die Theorie der digitalen Automaten und der diskreten Transformation sowie rechentechnische Grundprinzipien zur allgemeinen Theorie der Rechner und Rechnersysteme. Aus Vorschlägen von ihm gingen neue Technologien zur Projektierung von Maschinen und zur Produktion ihrer Elementebasis wie auch zur Realisierung von Softwareleistungen und Datenverarbeitungssystemen hervor.

Nicht minder hervorzuheben sind seine pädagogischen Verdienste. Seine ständige Aufmerksamkeit war auf die Weiterbildung leitender Kader gerichtet. Ständig publizierte und propagierte er neueste wissenschaftliche Erkenntnisse und organisierte erfolgreich deren Überführung in die Volkswirtschaft. Für seine außergewöhnlichen wissenschaftlichen, pädagogischen und organisatorischen Leistungen wie auch für seine gesellschaftspolitischen Verdienste als Mitglied des ZK der KP der Ukrainischen SSR, Abgeordneter des Obersten Sowjets der UdSSR und Mitglied des Staatlichen Komitees für Wissenschaft und Technik der UdSSR wurden *V. M. Gluškov* hohe Ehrungen zuteil. Er wurde 1961 zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR und 1964 zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gewählt und war darüber hinaus Mitglied einer Reihe von ausländischen Akademien der Wissenschaften. Er erhielt höchste Auszeichnungen, von denen hier nur die Verleihung des Titels Held der sozialistischen Arbeit, dreier Leninorden und des Ordens der Oktoberrevolution sowie des Staatspreises der UdSSR und der Ukrainischen SSR genannt sein sollen.

Ein immerwährendes ehrendes Gedenken ist *V. M. Gluškov* gewiß.

(Nach einem Nachruf in der „Avtomatika" 1/1982 bzw. in der „Pravda" vom 2. Februar 1982)

Leipziger Frühjahrsmesse 1982

Im Heft 3/1982 veröffentlichten wir eine Messevorschau mit Exponaten der Kombinate Robotron, Elektro-Appparate-Werke Berlin-Treptow und Automatisierungsanlagenbau. Darauf aufbauend geben wir Ihnen nun einen Überblick über die zur LFM 82 ausgestellten Neu- und Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Meß- und Automatisierungstechnik, besonders auch im Hinblick auf verstärkte Anwendung von Mikroelektronik und Mikrorechentechnik und auf Bestrebungen zur weiteren Rationalisierung der Produktionsprozesse, zur Qualitätssicherung und zur wirtschaftlichen Energieanwendung.
Allgemein war ein eindeutiger Trend zur weiteren Spezialisierung und insbesondere bei ausländischen Ausstellern eine Orientierung auf Marktlücken und Problemlösungen zu beobachten. Die DDR-Industrie brachte ihr Bestreben zum Ausdruck, technisch und qualitativ hochwertige Erzeugnisse mit hohen Exportchancen auf den Markt zu bringen.

1. Meßtechnik

1.1. Längen- und Winkelmessung

Auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse wurde das Fertigungsprogramm der Längen- und Winkelmeßgeräte des **VEB Carl Zeiss JENA** im Rahmen eines Labors für Meßtechnik vorgestellt. Angefangen von einfachen Handmeßmitteln für den Werkstattgebrauch bis zu den Labormeßgeräten und dem anspruchsvollen *Dreikoordinatenmeßgerät DKM 1-300 DP* konnte ein interessantes Angebot mit zahlreichen Weiterentwicklungen besichtigt werden.
Bemerkenswert war, daß für mehrere Geräte ein zusätzlicher Rechneranschluß vorgesehen ist, so z. B. für den *Universallängenmesser ULM 01-600D* der *Auswerterechner HP 97 S*. Das *Zweikoordinatenmeßgerät ZKM* wird neben der bisherigen Ausführung mit integriertem Mikrorechner (*ZKM 05-250 DP*) jetzt auch mit dem *Kleinrechner Elektronika 60* sowie mit dem *Tischrechner HP 85* angeboten. Auch für diese beiden Rechner wird die universell anwendbare Auswertesoftware zur Verfügung gestellt, die die Lösung der meisten in der Praxis vorkommenden Aufgabenstellungen ermöglicht. Darüber hinaus wird für den Rechner Elektronika 60 und für den HP 85 für spezielle Anwenderprobleme eine freie Programmierbarkeit angegeben. Für die Zweikoordinatenmeßgeräte (ZKM) wurde eine sehr nützliche Ergänzung erstmalig vorgestellt: ein *2D-Meßkopf*. Damit ist es möglich, auch solche Werkstücke zu messen, die für eine optische Antastung nicht geeignet sind. Der neue 2D-Meßkopf wird auf den Objekttubus des binokularen Meßkopfes aufgeschoben und befestigt. Die Messung erfolgt dann durch mechanisches Antasten des Objektes mit den geeigneten Meßeinsätzen. Es stehen Meßeinsätze mit verschiedenen Schaftlängen und Kugeldurchmessern zur Verfügung. Zur Kalibrierung dient ein Normalkörper mit 4 Meßflächen.
Bei der Anwendung des 2D-Meßkopfes werden die folgenden Meßunsicherheiten angegeben:

Technische Daten	Einheit	Typ																			
		HPN		HPH		HPK		HPG		HPA		HPM		HPS*		HPF*		ZPA*		ZPM*	
		A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D				
Meßbereichsgrenzen	°C	30 ... 500		400 ... 2000		50 ... 300		50 ... 1300		30 ... 200		15 ... 45		30 ... 600		30 ... 200		−50 ... 200		15 ... 45	
Spektralbereich	µm	0,6 ... 35		0,5 ... 1,1 0,8 ... 1,8		8 ...9		4,5 ... 5,5		8 ... 14		0,6 ... 35		0,6 ... 35		8 ... 14**		0,6 ... 35		0,6 ... 35**	
Temperaturauflösung	K	0,25		1		0,5						0,1		0,25				0,1		0,05	
Grundfehler	%	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0		1,0	
Meßentfernungsbereich 0 ... 0,3 m	m	×		×		×		×		×		×		×				×		×	
Meßentfernungsbereich 0,3 ... 2 m	m	×		×		×		×		×				×				×		×	
Meßentfernungsbereich 2 ... 25 m	m															×					
Visierkennwert		1:15 ... 1:50		1:50 ... 1:200		1:15 ... 1:50						⌀ 2 mm		1:80		1:200		1:80		⌀ 2 mm; 1:80	
Umgebungstemperaturbereich	°C	5 ... 40		0 ... 70		5 ...40															
Masse	kg	1,5												3				0,9/2,4			
Ausgangssignal	V	0 ...1																			

◀ **Tafel 1. Pyrometersystem PYROVAR**

HP Handpyrometer, N Niedertemperatur, — H Hochtemperatur, — K für Kunststoffe; — G für Gläser; — A mit atmosphärischem Fenster; — M medizinische Anwendung; — S mit Spiegelobjektiv für kleine Meßobjekte; — F mit Spiegelobjektiv für entfernte Meßobjekte; ZPA zweiteiliges tragbares Pyrometer (getrennte Anzeige); A/D analoge/digitale Anzeige; * in Vorbereitung; ** wahlweise mit Filter

x-Koordinate: $\pm\,(2{,}8 + L/160)\ \mu m$
y-Koordinate: $\pm\,(2{,}8 + L/100)\ \mu m$.
L Meßlänge in mm

Vom **VEB Feinmeßzeugfabrik Suhl,** einem Kombinatsbetrieb des VEB Carl Zeiss JENA, wurden Neuentwicklungen seines Feinzeigerprogrammes vorgestellt. Zunächst ist die *Anzeigeeinheit AE 2 DH* für elektronische Feinzeiger bemerkenswert. Sie ist gegenüber den bekannten Anzeigeeinheiten mit einstellbaren elektronischen Grenzwertkontakten für 3-Klassensortierung versehen. Die vorhandenen Analog- und Digitalausgänge erlauben den Anschluß von Geräten mit sowohl analoger als auch digitaler Signalverarbeitung über das Standard-Interface im BCD-Kode.

Die neuen *elektronisch-inkrementalen Feinzeiger* mit Meßbereichen von 30 mm bzw. 10 mm (*IKF 30* bzw. *IKF 10*) haben als Maßverkörperung Maßstäbe, deren Teilung optoelektronisch abgetastet wird. Die Auswertung in den *Anzeigeeinheiten AE 1 I* bzw. *AE 1 IK* erfolgt so, daß die Meßwerte digital mit einem Ziffernschritt von 1 µm dargestellt werden. Die Einheit AE 1 I verfügt über eine 6stellige Bezugswertvorwahl, die Einheit AE 1 IK darüber hinaus über zwei 6stellige einstellbare Grenzwertstufen, deren Überschreitung bei Serienprüfung zu optischen Signalen führt. Auch diese beiden Anzeigeeinheiten sind mit Ausgängen im BCD-Code versehen, so daß der Anschluß an Datenverarbeitungsgeräte möglich ist.

Als eine wichtige Ergänzung des Geräteangebotes für die Fertigungsmeßtechnik wurde vom **VEB Carl Zeiss JENA** das neu entwickelte *Geradheitsmeßgerät GM 1200* vorgestellt.

Das aus einem Leichtmetallkörper bestehende Grundgerät trägt das Referenznormal (Spanndrahtsystem) sowie Führungselemente für die Meßschlitten-Grobführung. Der motorisch angetriebene Meßschlitten führt die in einem Federparallelogramm aufgehängte Meßeinheit, bestehend aus Tastbolzen und induktivem Wegaufnehmer, am Meßobjekt entlang.

Die aufgenommenen Meßwerte werden elektronisch verarbeitet, an einer Anzeigeeinheit angezeigt und mit einem x-y-Schreiber registriert. Beim Aufsetzen des Meßgerätes auf den Prüfling richtet sich das Referenznormal selbsttätig parallel zur Meßfläche aus. Mit dem GM 1200 sind Geradheitsmessungen bis 1200 mm Profilschnittlänge an beliebig räumlich orientierten Meßobjekten direkt möglich. Größere Profilschnittlängen

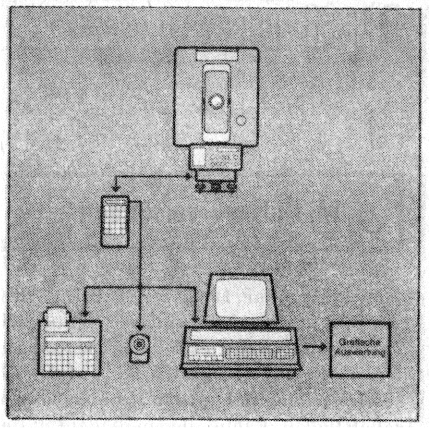


Bild 1. Optimierte Meßdatenverarbeitung in der Vermessungstechnik mit Tachymeterautomat RECOTA
(VEB Carl Zeiss JENA)

sind durch überlapptes Ansetzen meßbar.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind:
- Messungen im Abrichtprozeß auf Großteile-Läppmaschinen
- Ebenheitsmessungen von Tuschier- und Meßplatten
- Messungen von Bearbeitungsmaschinen und Präzisionsmeßgeräten während der Fertigung.

Durch die geringe Masse des Grundgerätes (10 kg) läßt sich das Meßgerät leicht transportieren und auf die zu messenden Flächen aufsetzen.

Wichtige technische Daten:

maximale Meßlänge	1200 mm
Meßunsicherheit	±0,5 µm
linearer Meßbereich	200 µm
Meßzeit (maximale Länge)	60 s
Meßkraft	0,5 N
Skalenwert	0,1 µm/mm
Masse	
— Grundgerät	10 kg
— Elektronikeinheit	8 kg

Auf dem Gebiet der Vermessungstechnik wurde vom **VEB Carl Zeiss JENA** besonders die Automatisierung der Vermessungstechnik durch den neuen *Tachymeterautomaten RECOTA* für den Einsatz im Feld und mit dem *Tischcomputer HP 85* der Fa. **Hewlett-Packard Company/USA** zur automatischen Auswertung im Büro dargestellt (Bild 1).

Die mit dem Tachymeterautomaten RECOTA beim Einsatz im Feld erfaßten und automatisch berechneten Daten werden in dem *Festkörper-Datenspeicher MICRONIC 445* gespeichert (Speicherkapazität 32 K Zeichen). Die Auswertung und Weiterverarbeitung der gemessenen und gespeicherten Daten erfolgt im Büro. Hierzu werden die Daten von dem Festkörper-Datenspeicher auf einen externen Datenspeicher des Tischcomputers HP 85 übertragen. Die Auswertung der Daten erfolgt dann automatisch durch den HP 85. Als Auswerteergebnis erfolgt der Ausdruck der berechneten Geländepunkte sowie eine grafische Darstellung des Geländeprofils auf einem x-y-Schreiber.

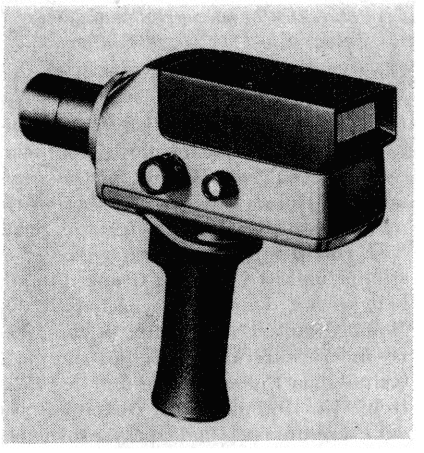


Bild 2. Handpyrometer des PYROVAR-Systems
(VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg)

1.2. Temperaturmessung

Vom **VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg** wurde das *Pyrometersystem PYROVAR* vorgestellt (Bild 2). Das im Baukastenprinzip aufgebaute System ist für Temperaturmessungen im Bereich (−50 ... 200) °C einsetzbar.

Durch das angewandte Wechsellicht-Meßprinzip wird eine Auflösung bis zu 0,1 K erzielt. Die durch die Optik gebündelte Wärmestrahlung des Meßobjekts wird durch einen Schwingchopper moduliert und mit einer geräteinternen Referenzstrahlung auf dem Strahlungsempfänger verglichen. Umgebungstemperaturschwankungen haben geringen Einfluß auf das Meßergebnis. Meßkopf, Anzeige (analog/digital) und Spannungsversorgung sind in einem pistolenförmigen Gerät vereinigt. Zur externen Datenerfassung steht ein analoges Ausgangssignal (0 ... 1) V zur Verfügung. Die einfach bedienbaren Meßgeräte haben einen Momentan- und Maximalwertspeicher. Die Visierung erfolgt wahlweise mit Durchsichtoptik oder Pilotlicht. Als Zubehör werden Tragekoffer, Stativadapter, Stativ sowie 1 Satz Ersatzbatterien angeboten. In Vorbereitung sind ein Prüfstrahler, Wechselobjektive und Infrarotfilter (Messeinformation ursatherm PYROVARSYSTEM. Dsr.-Nr. Ag 25-255-81). Weitere technische Daten s. Tafel 1. Die Handpyrometer des PYROVAR-Systems wurden mit Messegold ausgezeichnet.

Ebenfalls vom **VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert"** wurden als Ergänzung zu der im Vorjahr vorgestellten Gerätereihe *„ursacord COMPACT COMBINATION" CC-Digitalanzeiger* angeboten. Diese 3-digit-Anzeigebausteine werden in 2 Typen gefertigt:

CC-DS für Einheitssignale,
CC-DV für natürliche Signale.

Der Digitalanzeiger Typ CC-DV hat einen Meßverstärker, der die elektrische Signale in das Einheitsstromsignal (4 bis 20) mA umformt. Widerstandsthermometer bzw. Thermoelemente können dadurch direkt angeschlossen werden. Der Einbau einer automatischen Vergleichsstellenkompensation ist möglich. Das Meßsignal kann bei diesem Gerätetyp als Einheitsstromsignal mit einer Bürde bis zu 500 Ω an den Anschlußklemmen abgegriffen werden. Als Anzeigeelemente wurden 12,7 mm hohe grüne LED verwendet (Messeinformation ursacord COMPACT COMBINATION. Dsr.-Nr. MKG 11/134/82).

Die Fa. **Omron/BRD** stellte den *mikroprozessorintegrierten PID-Temperaturregler ESK* vor. Der zu regelnde Prozeß wird einmal von Hand durchfahren, dabei „merkt" sich der Mikroprozessor den Verlauf und optimiert die Regelkennlinie nach der Ziegler-Nicholsschen Formel. Für anders verlaufende Regelprozesse können die PID-Werte über Drehschalter eingespeichert werden. Die vorgegebene Temperatur wird ohne Überschwingen und Offset eingeregelt. Das Erreichen der oberen bzw. unteren Alarmgrenze wird über rote LED-Anzeigen signalisiert.

Die Fa. **Gulton/BRD** bewarb sich mit ihrem *Pyrometersystem INFRATHERM IS 2-SG* um Messegold. Der speziell für Temperaturmessungen in Stranggußanlagen entwickelte Meßkopf arbeitet preßluftgekühlt. Dadurch wird eine Überhitzung des Meßsystems vermieden und gleichzeitig der Raum vor dem Aufnehmer freigeblasen. Der nach dem Gleichlichtverfahren arbeitende Meßumformer IS 2 liefert ein Ausgangssignal von (0 ... 20) mA. Über Grenzkontakte kann eine Prozeßregelung oder Signalausgabe erfolgen. Als Zusatzgerät wird ein Maximalwertspeicher angeboten.

1.3. Zeit-, Frequenz-, Drehzahlmessung, Messung elektrischer Größen

Vom **VEB PRÄCITRONIC Dresden** wurde der *Trägerfrequenz-Pegelmeßplatz 62* gezeigt. Der Meßplatz ist eine Kombination von Einzelgeräten mit digitaler Anzeige. Er ist für Messungen an TF- und PCM-Übertragungssystemen bis 2,1 MHz geeignet. Mit diesem Gerätesystem sind Messungen in Kanallücken bei Gewährleistung einer hohen Genauigkeit möglich. Um die Vielseitigkeit des Meßplatzes zu erweitern, ist der Ausbau zum Wobbelmeßplatz möglich. In diesem Fall wird eine Aufrüstung mit dem Wobbelzusatz GW 62 und dem TF-NF-Pegelbildempfänger SV 62 notwendig. Über einen anschließbaren Fernschreiber besteht die Möglichkeit des Meßwertausdrucks.
Ebenfalls vom VEB PRÄCITRONIC Dresden waren das *Digital-Psophometer MV 71* und der *Niederfrequenz-Pegelmeßplatz 73* ausgestellt.
Das digitale Psophometer MV 71 ist ein Breitband-Frequenz- und Geräuschpegelmesser mit hoher Genauigkeit im Bereich (−100 ... +52) dB. Das Gerät ist einsetzbar für Messungen an Fernsprech- und Tonübertragungseinrichtungen. Der dabei meßbare Frequenzbereich kann zwischen 15 Hz und 100 kHz liegen.

Der Niederfrequenz-Pegelmeßplatz 73 findet sein Hauptanwendungsgebiet im Fernmelde- und Rundfunkwesen. Der Meßplatz ist neben Netz- auch für Batteriebetrieb geeignet.

Weiterhin wurde der *Trägerfrequenz-, Pegel- und Wobbelmeßplatz 61* vorgestellt. Als Pegelmeßplatz ist er geeignet für breitbandige und selektive Messungen an Trägerfrequenz-Übertragungssystemen. Dabei können Messungen bis 2,1 MHz durchgeführt werden. Frequenz- und Pegelmessungen werden mit hoher Genauigkeit durchgeführt. Durch Erweiterung mit dem Wobbelzusatz GW 61 und dem TF-NF-Pegelbildempfänger SV 61 ist der Frequenz- und Pegelmeßplatz zum Wobbelmeßplatz ausbaubar. Der komplette Meßplatz besteht aus 4 Einzelgeräten. Die Verkopplung der einzelnen Einheiten erfolgt über entsprechende Systemkabel.

Vom **VEB Kombinat Funkwerk Erfurt** wurden das *Digitalvoltmeter G-1002.500* und der *Zähler G-2002.500* verkoppelt in Meßplätzen vorgestellt. Die sehr handlichen Einzelgeräte sind über Standard-Interface SI 1.2 untereinander verbindbar. Beide Geräte haben Anzeigen von 12,7 mm Höhe. Das *DC/AC/R/I-Digitalvoltmeter* hat eine $3^1/_2$-Digit-Anzeige. Die Ergebnisanzeige am Zähler G-2002.500 hat eine Breite von 7 Digit.

Die neue Generation *Vielfachmeßgeräte* des **VEB Meßtechnik Mellenbach** (*UNI 11c, UNI 21*) wurde durch einen *elektronischen Isolationsmesser* vervollständigt. Der *ISO 1000* ist vornehmlich für die Bestimmung der Isolationswiderstände (50 kOhm bis 1 GOhm) elektrischer Geräte und Anlagen vorgesehen, gestattet aber darüber hinaus auch Gleich- und Wechselspannungsmessungen bis 600 V. Besonders hervorzuheben sind die hohe Stabilität der Meßspannungen (besser als 10%) und die Möglichkeit der Dreileitermessung. Das netzunabhängige Gerät ist mit einem Drehspulmeßwerk mit Spiegelskala ausgerüstet, das die Genauigkeitsklasse 2,5 garantiert.

1.4. Schall- und Schwingungsmeßtechnik

Das vom **VEB robotron Meßelektronik** gefertigte Laborgerätesystem der Akustik wurde erweitert zum *Laborgerätesystem der Schall- und Schwingungsmeßtechnik.*

Viele Funktionsblockeinschübe sind in den letzten Jahren neu hinzugekommen. Spezielle Meßverstärker für Kondensatormikrofone bzw. für Beschleunigungsaufnehmer sowie unterschiedliche Kanalwähler, Anzeige- und Speiseteile gewährleisten eine auf die Meßaufgabe abgestimmte Instrumentierung.

Das Laborgerätesystem ist ein Bausteinsystem. Es dient der Meßgrößenerfassung und -verarbeitung von Wechselspannungssignalen. Sowohl manuelle Gerätebedienung als auch automatisierter Meßplatzbetrieb sind möglich. Das neue Laborgerätesystem der Schall- und

Schwingungsmeßtechnik löst auch das Schwingungsmeßgerätesystem (SM-System) ab, das sich seit vielen Jahren weltweit im Einsatz bewährt hat. Zahlreiche Vorteile des alten Bausteinsystems wurden in die neue Gerätekonzeption übernommen. Die Schwingungsmeßgeräte bleiben netzunabhängig und damit weiterhin für Untersuchungen auch im mobilen Betrieb geeignet. Die Lösung beispielsweise folgender Meßaufgaben ist möglich:

- Schallabsorptionsmessung
- Schalldämmungsmessung
- Schwingungsprüfung
- Vielkanal-Schall- und Schwingungsmessung
- Schallausbreitungs- und Richtdiagramm-Messungen
- Qualitätskontrolle u. a. von Musikinstrumenten, elektroakustischen Übertragungsanlagen, Getriebeblöcken
- Schalleistungsmessungen
- Schall- und Schwingungsmessungen und Geräusch- und Schwingungsanalysen zur Konstruktionsoptimierung und Qualitätsüberwachung im Rahmen standardisierter Grenzwerte.

Alle Geräte arbeiten nach den Bedingungen des Standard-Interface 1.2 (TGL 29248) bzw. nach INTERFACE IMS-I, Kategorie 2 (RGW-RS 3826-73). Für die digitale Auswertung sind damit u. a. folgende Systeme und Rechner geeignet:

- *Druckersystem S 3292.000* (VEB Kombinat Funkwert Erfurt)
- Meßwertlocher des *Serialisierungssystems S-3297.00* (VEB Kombinat Funkwerk Erfurt)
- *Kleinrechnersystem KRS 4200* mit *Anschlußsteuerung AS 5* (VEB Kombinat robotron).

Ein Applikationsbeispiel ist der *Schwingprüfplatz*, der den vom RGW und der IEC vorbereiteten Standards und Empfehlungen für Schwingungs- und Stoßfolgeprüfungen entspricht. In der DDR wurden Schwingungs- und Stoßprüfungen standardisiert und in der TGL 200-0057 festgelegt.

Der Schwingprüfplatz besteht aus:

- *Schwingungsmeßgerät Typ 00100*
- *Signalgenerator Typ 03020*
- *Leistungsverstärker Typ LV 102*
- *Schwingungserreger Typ 11075/76/77*

und ist zur Durchführung von Standard-Gleitsinusprüfungen sowie für Schwingungsanregung und Schwingungsmessung allgemeiner Art geeignet.

Kennwerte:

Gleitsinusprüfungen für die Prüfparameter:

- Anregungsausschlag s (mm)
- Anregungsbeschleunigung a (m/s²)
- untere/obere Eckfrequenz f_u, f_o (Hz)
- Anzahl der Durchlaufzyklen z

weitere wichtige Parameter:

- Schnittfrequenz f_s (Hz)
- (Frequenz-) Durchlaufrate v_d (Okt./min)
- Effektivwert -Regelgeschwindigkeit v_R (dB/Periode)
- Masse des Schwingsystems m_T (g)
- Resonatorgüte Q

technische Hauptdaten des Schwingprüfplatzes:

- Frequenzbereich mit Schwingungsaufnehmer 2 Hz bis 4 kHz
- Regelbereich 90 dB
- Durchlaufrate 1 Okt./min
- Schnittfrequenz (wählbar) 2 Hz bis 2 kHz
- Regelgeschwindigkeit (0,05 ... 5) dB/Periode
- einschaltbarer Hochpaß $f_g = 2$ Hz

VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul bot neben dem schon bekannten Sortiment an piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern einen neuen *piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer „KS 60"* für industriellen Einsatz an.

Die technischen Hauptdaten sind:

- Ladungsübertragungsfaktor erdfrei $Bqa = 2$ pC/ms^{-2}
- Resonanzfrequenz $f_r = 20$ kHz
- Temperaturkoeffizient $TK(Bqa) = = 0{,}3\%/K$
- Maximalbeschleunigung $a_{max} = 100$ ms^{-2}
- Arbeitstemperaturbereich −30 °C ... +80 °C
- Schutzgrad IP 67
- Explosionsschutz (Ex) i_b II C
- DSRK-Zulassung Einsatzgruppe M II.

Dank der Fortschritte in der digitalen Mikroelektronik ist es möglich, Schallintensitätsmessungen direkt und in Echtzeit durchzuführen. Da die Intensität eine vektorielle Größe ist, lassen sich durch ihre Messung Schallquellen orten und identifizieren sowie die Schallabsorption von Materialien in Abhängigkeit vom Einfallwinkel untersuchen. Außerdem läßt sich die abgestrahlte Schalleistung einer Quelle unabhängig von der Umgebung bestimmen, indem die Schallintensität über eine die Schallquelle einhüllende Fläche integriert wird.

Das *Schallintensitäts-Meßsystem* der Fa. **Brüel & Kjaer/Dänemark** benutzt zwei dicht nebeneinander plazierte Mikrofone, die den Schalldruck und den Schalldruckgradienten messen. Aus diesen beiden Größen wird die Schallintensität berechnet. Die Signalverarbeitung, wie Filterung, Effektivwertbildung und Mittelung, geschieht digital in gleicher Weise wie bei dem *Echtzeit-Terz/Oktav-Analysator* der gleichen Firma. Das *Schallintensitäts-Analysiersystem* ist ein vielseitiges System für die die genaue Terz- und Oktavanalyse akustischer Signale. Die Analyse von sowohl kontinuierlichen als auch impulshaltigen Signalen ist möglich, und es lassen sich deren Schallintensitäts- und Schalldruckspektren alphanumerisch darstellen.

1.5. Durchflußmessung/Füllstandsmessung

Der **VEB Junkalor Dessau** bot eine Weiterentwicklung des *Mengenmessers ursaflux W* an. Dieser dient zur kontinuierlichen Volumen- und Volumenstrommessung von Gasen und Gasgemischen in Rohrleitungen. Die Durchflußmenge wird durch das neue digitale Meßprinzip mit hoher Genauigkeit bestimmt und ist in weiten Grenzen unabhängig von den Stoffeigenschaften des Meßmediums. Der ursaflux W kann insbesondere aufgrund der günstigen meßtechnischen Eigenschaften und des elektronischen Impulssignals vorteilhaft bei der Prozeßführung und -analyse sowie bei der Bilanzierung und Verteilung der Produkte in Verbindung mit Reglern, Rechnern und datenverarbeitenden Anlagen eingesetzt werden. Durch den einfachen konstruktiven Aufbau und den Einsatz korrosionsbeständiger Werkstoffe ist das Gerät relativ unempfindlich gegenüber mechanischen Verunreinigungen des Meßmediums und gegenüber aggressiven Meßmedien. Der Meßwertgeber ist in eigensicherer Ausführung auch in explosionsgefährdeten Bereichen einsetzbar. Der ursaflux W arbeitet nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße. An einem in die Rohrleitung eingebauten Widerstandskörper lösen sich bei Umströmung durch den Meßstoff periodisch Wirbel ab, deren Frequenz proportional der Durchflußgeschwindigkeit ist. Das Gerät besteht aus den Funktionseinheiten Meßwertgeber und Auswerteeinheit, die in getrennten Gehäusen untergebracht sind.

Technische Daten:

- Nennweite (80, 100, 150) mm
- Nenndruck 4 MPa (40 bar), 10 MPa (100 bar)
- Meßbereich (1,8 ... 28) m/s
- Meßstofftemperatur (−25° ... +100) °C
- Einbaulage beliebig

Weiterhin wurde die bewährte *Ringwaage III* angeboten, die in Verbindung mit einem Drosselgerät zur Durchflußmengenmessung für die verschiedensten flüssigen, gas- und dampfförmigen Meßstoffe geeignet ist (vgl. msr **23** (1980) H. 8, S. 472).

Das *ursaflux M* ist ein *Differenzdruckmeßgerät* und dient der Messung, Anzeige und Registrierung des Durchflusses von Dampf und nichtaggressiven Flüssigkeiten und Gasen sowie des Flüssigkeitsstandes und von Druckpotentialen.

Vorteile des Gerätes sind:

- Nullpunkteinstellung unter Betriebsdruck
- Überdrucksicherheit in beiden Richtungen
- Überlastbarkeit des Meßwerkes
- hohe Funktionssicherheit
- Ausführung ohne Hilfsenergie (Federwerk-Antrieb)
- einsetzbar in explosionsgefährdeten Räumen
- Grenzwertsignalisation über elektrochemische Kontakte

- Mengenzähler mit funktionssicheren Mikrotastern als Fernzählkontakt
- Meßwertfernübertragung durch Widerstandsferngeber.

Die Hauptanwendung des ursaflux M ist die Durchflußmessung nach dem Wirkdruckverfahren. Hierbei wird die Strömungsenergie des Fluids durch einen Wirkdruckgeber in einen Differenzdruck umgewandelt.

Die wichtigsten Einsatzgebiete sind:

- Dampf-, Kondensat- und Wassermessung in Dampferzeugeranlagen und in Kraftwerken
- Wasser- und Abwassermessung in Wasserwerken, Wasseraufbereitungsanlagen, bei der Abwasserbearbeitung und im Meliorationswesen
- Gasmessung in der gaserzeugenden und gasverbrauchenden Industrie
- Luft- und Druckluftmessung
- Flüssigkeits-, Gas- und Dampfmessung in der Chemie und anderen Industriezweigen.

Vom **VEB robotron Meßelektronik „Otto Schön"** wurde wie im letzten Jahr die *radiometrische Füllstandsmeßeinrichtung 24016* angeboten (vgl. msr **24** (1981) H. 8, S. 467).
Dieses System von Sonden, Strahlern und Auswerteeinheiten dient der berührungslosen

- Funktionskontrolle und Messung
- Überwachung von Trennschichten zwischen Medien unterschiedlicher Dichte
- Messung der Dichte von Medien
- Messung der Flächenmasse
- Positionskontrolle

sowie dem berührungslosen Strahlennachweis.
Ein Einsatz unter extremen Bedingungen, auch im Ex-Bereich, ist möglich.

Der **VEB Junkalor Dessau** bot das bereits genannte *Differenzdruckgerät ursaflux M* an, das auch zur *Flüssigkeitsstandsmessung* eingesetzt werden kann. Mit diesem Gerät lassen sich Flüssigkeitsstände in offenen oder geschlossenen und unter Druck stehenden Behältern entweder nach dem hydrostatischen Meßverfahren oder nach dem Einperlverfahren messen.

METRIMPEX/Ungarische VR zeigte das Gerät *NIVOSONAR* zur *berührungslosen Abstands- bzw. Füllstandsmessung*, das nach dem Prinzip der Schallreflexion arbeitet. Das Gerät besteht aus einer Speiseeinheit 220 V, einer Analog-Signalverarbeitungseinheit, einer Steuer- und Anzeigeeinheit, einer Analog-Ausgangseinheit, einem Meßpunktwandler, einem Digitalkompensator und einer Torstromkreis-Einheit.

Leistungsaufnahme	20 VA
Meßbereich (Entfernung)	0,5 bis 9,99 m bzw. 15 bis 40 m (auf Wunsch bis 100 m)
Meßbereich (Standmessung)	0 bis 10 m bzw. 0 bis 40 m
Fehler	±1 cm
Masse	etwa 5 kg

ROTA Apparate- und Maschinenbau Dr. Hennig GmbH & Co KG, Wehr/BRD bot eine Weiterentwicklung des *Durchflußrechners ROFY* zur exakten Durchflußmessung bei veränderlichen Meßstoffeigenschaften an (vgl. msr **24** (1981) H. 8, S. 474).
Bei Anschaltung an ein Rotameter mit elektrischem Ausgang liefert der Durchflußmesser ROFY ein exakt dem Durchfluß proportionales Signal. Den Einfluß von veränderlichen Meßstoffeigenschaften auf das Durchflußsignal berücksichtigt er in vollem Umfang.
Die veränderlichen Meßstoffeigenschaften (z. B. Temperatur, Druck, Feuchte, Dichte oder Viskosität) können je nach Bedarf über ein Tastenfeld oder als Analogsignal eingegeben werden. Mit diesen Werten führt er fortlaufend das volle Berechnungsverfahren nach VDI/VDE 3513 durch. Den berechneten Durchfluß zeigt er an und gibt ihn als Analogsignal sowie als Impulsfrequenz aus. Bei Über- bzw. Unterschreitung von einstellbaren Grenzwerten steuert er außerdem Alarmausgänge an.

Technische Daten:

• Mikroprozessor	MC 6802 (8 bit, 1 MHz)
• Programmspeicher	6 Kbyte EPROM
• Kennlinienfelder	4 Kbyte EPROM (auswechselbar)
• Parameterspeicher	1 Kbyte EAROM
• Arbeitsspeicher	384 byte RAM
• Analogeingänge	10-bit-Dual-Slope-ADU mit automatischer Nullpunktkorrektur und 50-Hz-Unterdrükkung, Meßzeit 160 ms, Auswahl der Meßstellen über Analogschalter
• Analogausgang	10-bit — DAU
• Rechenzeit für einen Durchlauf des Berechnungsverfahrens	etwa 300 ms

Der *Rotamesser* ist ein Meßumformer für *Schwebekörper-Durchflußmesser* mit *Vielfachlichtschranke* und *elektronischer Linearisierung Typ PE*.
Die Vielfachlichtschranke besteht aus 2 diametral am Meßrohr angebrachten prismatischen Leisten. In der einen sind 84 Infrarotsender und in der anderen 84 entsprechende Empfänger versetzt angeordnet und bilden so 167 Lichtschranken, die vom Schwebekörper unterbrochen werden können. Eine Logik erkennt, welche Lichtschranke direkt über der Oberkante des Schwebekörpers liegt und gibt deren Position aus. Die Zahl wird in einen Analogwert gewandelt und der Linearisierungsschaltung zugeführt. Die Linearisierung mit einstellbarer Kennlinie liefert einen Ausgangsstrom von (0 ... 20) mA bzw. (4 bis 20) mA, der dem Durchfluß proportional ist.

Von der **Eckardt AG Stuttgart/BRD** wurde eine *Durchflußmeßeinrichtung mit Stauscheibe* zur Durchflußmessung hochviskoser oder verschmutzter Flüssigkeiten angeboten. Der Staudruck wird in einen verhältnisgleichen Signaldruck im Einheitsbereich (0,2 bis 1,0) bar umgeformt. Des weiteren ist ein magnetisch-induktiver Durchflußmesser mit netzfrequentem Feld, Aufnehmer und Umformer (*MDM 140*) bzw. ein magnetisch induktiver Durchflußmesser, mit geschaltetem Feld, Aufnehmer und Umformer (*MDM 145*) zur Durchflußmessung von aggressiven, verunreinigten oder feststoffhaltigen Flüssigkeiten mit einer Mindestleitfähigkeit von 1 µS/cm bzw. von 0,25 µS/cm im Angebot. Beide Durchflußmesser sind für den Einsatz im Nahrungsmittelbereich zugelassen.

Interessant aus dem Angebot der **UdSSR** ist ein für *Justier- und Prüfzwecke* geschaffenes *Gerät, Type A3Д-4* für die Justierung von Druckmeßgeräten und die Aufnahme von Kennlinien elastischer Meßfühler:

Fehlerklasse	0,05%
Meßbereiche	100 bis 400 kPa
Anzahl der Stufen in jedem Meßbereich	8 — 10

1.6. Analysenmeßtechnik

Es wurde ein sehr breites Angebot von verschiedenartigsten Analysenmeßgeräten ausgestellt.
Der **VEB Carl Zeiss JENA** war wieder mit einer großen Anzahl von Photometern vertreten. Es wurden u. a. die *Einstrahlphotometer SPEKOL 10* und *SPEKOL 20*, das *Zweistrahlphotometer SPECORD M40* und das *Flammenphotometer FLAPHO 40* vorgestellt.
Das SPEKOL 10 ist ein analog anzeigendes Einstrahl-Spektralphotometer der niederen Preisklasse, das zu Routinemessungen in den chemischen Labors der Industrie, der Landwirtschaft und des Gesundheitswesens angewendet wird. Besondere Vorteile dieses Gerätes sind die universelle Einsatzmöglichkeit, die einfache Bedienung, die freie Wahl der Meßwellenlänge im Spektralbereich (340 bis 850) nm bei einer geringen spektralen Bandbreite von 11 nm sowie die schnelle Meßwertangabe. Durch den Einsatz von leistungsfähigen integrierten Schaltkreisen wurde eine Verkleinerung der Verstärkereinheit und damit ein Einbau in das Monochromatorgehäuse ermöglicht. Gleichzeitig konnten eine Verminderung des Rauschens, eine Verringerung der Drift und eine Steigerung der Zuverlässigkeit erreicht werden.
Durch fünf *Extinktionsmeßansätze* (*EK 1, EK 5, EKMi, EKA, EAPW*), einen *Trübungsmeßansatz* (*TK*), einen *Fluoreszenzmeßansatz* (*FK*), einen *Titrationsansatz* (*Ti*) und zwei *Remissionsmeßansätze* (*R 45/0, Rd/0*), die leicht gegeneinander ausgetauscht werden können, werden die vielseitigsten Anwendungsmöglichkeiten gewährleistet. Entsprechend der jeweiligen Meßaufgabe können Extinktions-, Trübungs-, Fluoreszenz- und Remissionsmessungen sowie photometrische, fluorimetrische und Trübungstitrationen durchgeführt werden.

Technische Daten:

Einstrahlgerät (Monochromator):

Präzisionsbeugungsgitter	651 Furchen/mm
Spektralbereich	(340 ... 850) nm
Spektrale Bandbreite	11 nm
Wellenlängenrichtigkeit	±1 nm
Wellenlängenreproduzierbarkeit	±0,2 nm
Streulicht	≦ 0,5% bei 340 nm
Strahlungsquellen	Glühlampe 6 V, 30 W, Quecksilber-Hochdrucklampe HQE 40 W oder HgE/2 A
Strahlungsempfänger	Photozellen Typ 494 d (gasgefüllt) für den Wellenlängenbereich (340 ... 620) nm, Typ 494 y (gasgefüllt) für den Wellenlängenbereich (620 bis 850) nm
Abmessungen	400 mm × 350 mm × 220 mm (mit Lampenhaus)
Masse	etwa 10 kg (mit Lampenhaus)
Leistungsaufnahme	etwa 90 VA

Vom **VEB Junkalor Dessau** wurden u. a. Geräte zur Gasanalyse vorgestellt. Mit den *Gasanalysatoren der INFRALYT-Serie*, die nach der Infrarot-Absorptionsmethode arbeiten, können kontinuierliche Messungen von Konzentrationen mehratomiger, nichtelementarer Gase durchgeführt werden.
Von den Neuentwicklungen sei hier das *Gasanalysenmeßgerät INFRALYT 9 Ex* vorgestellt, ein explosions- und schlagwettergeschützter Infrarotanalysator, der den langjährig bewährten *Infralyt Ex* ablöst. INFRALYT 9 Ex ist ein Industriemeßgerät zum Nachweis und zur kontinuierlichen Anzeige von Gasen in explosionsgefährdeten Räumen. Es wird bevorzugt in der chemischen Industrie zur Messung und Prozeßregelung sowie zur Raumluftüberwachung im Bergbau eingesetzt. Das neue Gerät zeichnet sich durch eine moderne Konzeption der Elektronik aus, die vor allem eine wesentlich höhere Zuverlässigkeit und schnellere Einsatzbereitschaft des Gerätes zur Folge hat. Das INFRALYT 9 Ex wurde konstruktiv völlig neu und servicefreundlich gestaltet. Das druckfest gekapselte Aluminiumgehäuse ist eine Gemeinschaftsentwicklung mit dem **Allunions-Forschungsinstitut für Analysenmeßtechnik Kiew (UdSSR)**. Masse und Volumen konnten gegenüber dem Infralyt Ex erheblich reduziert werden. Das Gerät arbeitet mit einem eigensicheren, potentialfreien und linearisierten Ausgangssignal 0 ... 20 mA bzw. 4 ... 20 mA. Die erhöhte Empfindlichkeit und ein zweiter Meßbereich erweitern den Einsatzbereich des Analysators. Erwähnenswert ist auch die elektronische Funktionskontrolle, die insbesondere bei der Überwachung von Warnanlagen von Bedeutung ist.

Des weiteren wurden vom VEB Junkalor Gasanalysengeräte gezeigt, die auf der Grundlage des Wärmeleitfähigkeitsmeßprinzips (*MESCALYT*), auf der Grundlage des Paramagnetismus von O_2 (*PERMOLYT*) und auf der Grundlage der elektrischen Leitfähigkeitsmessung (*DUKTOLYT*) beruhen.
Das *Rauchgasmeßgerät ursalyt RG* arbeitet nach dem Verfahren der potentiometrischen Sauerstoffmessung mit festen Elektrolyten aus stabilisiertem Zirkondioxid. Mit ihm kann der Sauerstoffgehalt von Rauchgasen ohne Meßgasaufbereitung und demzufolge ohne nennenswerte Zeitverzögerung bestimmt werden.

Ein weiterer Hersteller von Analysenmeßgeräten in der DDR ist die **Akademie der Wissenschaften der DDR — Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau**. Hier wurden u. a. ein *Spektrometersystem für paramagnetische Resonanz ERS 201*, das *Fouriertransform-Infrarot-Spektrometer IRF 180* und der *Mehrzweckpolarograph GWP 673* vorgestellt.

Der Mehrzweckpolarograph GWP 673 ist ein Gerät, das die Anwendung einer Vielzahl elektrochemischer Analysenmethoden gestattet. Er wird besonders für gleichstrompolarographische, wechselstrompolarographische und pulspolarographische Untersuchungen eingesetzt. Dabei können beide Varianten der Pulspolarographie, die normale Pulspolarographie und die Differential-Pulspolarographie angewendet werden. Als empfindlichste polarographische Methode, die zudem eine einfache Meßprozedur gestattet, findet die Pulspolarographie einen immer größeren Anwendungsbereich bei der Spurenanalyse in der elektrochemischen, biologischen und medizinischen Forschung, der Kontrolle und Regelung chemischer Prozesse sowie in der Qualitätskontrolle. Dabei können die Vorteile elektrochemischer Analysenverfahren, wie

- einfache Probenvorbereitung
- zerstörungsfreies Messen
- geringer Substanzbedarf bei großer Selektivität und Empfindlichkeit,

gepaart mit der durch die Pulspolarographie ermöglichten großen Genauigkeit, hohen Reproduzierbarkeit und dem hohen Trenn- und Auflösungsvermögen ausgenutzt werden. Der Mehrzweckpolarograph GWP 673 ist in Modulbauweise aufgebaut. Der Gleichstrompolarograph bildet als Grundgerät den Modul I. Weitere Module gestatten die Ausführung der Wechselstrompolarographie (Modul II) und der Tastpolarographie (Modul III). Mit Hilfe der Module können vier unterschiedliche Gerätevarianten zusammengestellt werden.

Die **UdSSR** zeigte auf ihrer diesjährigen Kollektivausstellung eine breite Palette an *Labor- und Betriebsanalysenmeßgeräten*, von denen das vielfältige Angebot von *Flüssigkeitschromatographen* der **Akademie der Wissenschaften der UdSSR** besonders hervorzuheben ist. Typisch für alle gezeigten Chromatographen sind Operationstemperaturen bis 150 °C, Wellenlängenbereiche der Detektoren im nahen UV- und VIS-Bereich sowie Pumpendrücke von 25 bis 50 MPa. Die Detektoren stellen Absorptionsspektrometer oder Fluoreszenzspektrometer dar.

Auch die **Ungarische VR** war mit einem breiten Angebot *prozeßanalytischer Meßgeräte* vertreten, insbesondere zur Wasseranalyse. Als Neuheit zeigte **METRIMPEX** *Gasgefahrmelder* mit *Gasgefahrfühlern Baureihe 3880*, Meßprinzip katalytische Verbrennung.
Diese Geräte, die einen robusten Eindruck machen, werden in druckfester Kapselung geliefert:

Meßbereich	0—100% von UEG
Wahrnehmungszeit	maximal 10 s
Entfernung von der Zentraleinheit	maximal 500 m
Umgebungstemperatur	—10 bis +70 °C
Schutzgrad	IP 54
Masse	etwa 1,5 kg

2. Regelgeräte, Baugruppen, Anlagen

Dieser Abschnitt enthält Ergänzungen zu den in der Messevorschau (msr, Heft 3/82) vorgestellten Exponaten sowie einige Trendeinschätzungen.
Die bereits seit einiger Zeit zu beobachtende Tendenz zur Dezentralisierung in der Prozeßautomatisierung hat sich auch 1982 bestätigt. Diese Erscheinung wird von einer Verlagerung der Intelligenz an die Peripherie begleitet und durch robuste konstruktive Lösungen (IP 65) für rauhen Vororteinsatz ermöglicht. Wegen des schnellen Generationswechsels der Elektronik gewinnt die Frage der Kompatibilität erhöhte Bedeutung. Diesem Anliegen werden standardisierte serielle Schnittstellen gerecht, die sich für die Gerätekopplung mit Ausnahme von Kleinst- und Kleineinrichtungen im Nahbereich international durchgesetzt haben.
In diesem Sinne war das Ausstellungsprofil des **Kombinates Automatisierungsanlagenbau (KAAB)** in Halle 18 mit dem *System „audatec"* auf der Grundlage des *Gerätesystems ursatron 5000* des **KEAW** gedacht.
Merkmale dieses Systems sind unter anderem:

- dezentrale funktionelle Struktur bei örtlich zentralem oder dezentralem Aufbau
- serielle Übertragung der Informationen über eine maximale Entfernung von 3 km
- serielle Kommunikation mit Display und Tastatur
- mehrkanalige Einrichtungen zur Informationsverarbeitung
- Kompatibilität mit den Systemen *ursamar K 4000* und *ursalog 4000*.

Das System basiert auf einer Zweiebenenstruktur, das heißt

- einer prozeßnahen Ebene mit den Funktionen Erfassen, Primärverarbei-

tung, Regeln und Steuern in Basiseinheiten
- einer Pult-Wartenebene mit den Funktionen Bedienen, Beobachten, Kontrollieren, Melden und höheren Verarbeitungsalgorithmen.

Beide Ebenen sind durch einen seriellen Datenbus verbunden. Weiter wird aufbauend auf dem System audatec eine Ein- und eine Zwei-Rechnervariante möglich, bei denen die Vorteile einer mehrkanaligen Realisierung der Automatisierungsfunktionen mit den Vorzügen konventioneller Kommunikationsprinzipien vereint werden.
Komfortable speicherprogrammierbare Steuerungen werden vielfach mit Analogeingabemodulen ausgerüstet und gestatten arithmetische Informationsverarbeitung. Damit ist auch die Verarbeitung kodierter digitaler Signale möglich.
Viele Firmen bieten komplette Problemlösungen einschließlich der Anwendersoftware an, zumindest jedoch mit allen Hilfsmitteln, die zur ökonomischen Erstellung der Anwenderprogramme durch den Anwender erforderlich sind.

Im vorigen Jahr wurde an dieser Stelle bereits die *Steuereinrichtung ursalog 5010* des **VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert"** vorgestellt. Auf der LFM 1982 war nun erstmals ein *Arbeitsplatz für Test und Inbetriebnahme* dieser Steuereinrichtung ausgestellt. Er besteht aus dem eigens dafür entwickelten *Programmiergerät ursatron 5000*, einem *Schwarz-Weiß-Monitor* und einem *Drucker*. Die Programmierung von ursalog-5010-Einrichtungen mit der höheren Programmiersprache PROLOG-1 erfolgt in der anwenderfreundlichen Symbolik der Steuerungstechnik (Logikbausteine). Für die Testung und Inbetriebnahme steht eine spezielle Inbetriebnahmebaugruppe zur Verfügung, die in Verbindung mit dem Programmiergerät eine direkte Kommunikation mit dem Prozeß und die Testung des Programms im RAM-Bereich gestattet. Umfangreiche Software zur Realisierung der verschiedensten Testfunktionen gehört zum Lieferumfang.
Der **VEB Numerik „Karl Marx" Karl-Marx-Stadt** zeigte ein *freiprogrammierbares Steuersystem CNC-H600* für Universalwerkzeugmaschinen, durch dessen Einsatz Werkzeugvoreinstellgeräte und Organisationseinrichtungen entfallen können. Die hohe Zuverlässigkeit des Systems wird durch den umfassenden Einsatz von LSI- und CMOS-Schaltkreisen auf nur 5 Kartenbaugruppen bewirkt. Das System verfügt über alphanumerische Anzeige, Programmeingabe über ansteckbaren Leser sowie Werkstückprogrammspeicher, als wechselbare RAM- oder PROM-Kassette ausgeführt, über ein oder mehrere Programme (maximal 8 K Zeichen). Darüber hinaus sind Inbetriebnahme und Service durch entsprechende Ansteckkassetten auf rationelle Weise zu verwirklichen. Die Anzahl der steuerbaren Achsen beträgt 3, die programmierbare Weglänge liegt zwischen 0,01 und 8388,607 mm, der programmierbare Vorschub zwischen 1 mm/min und 4095 mm/min, Eilgang 16000 mm/min.
Auf dem Gebiet der Meßwertanzeige, aber auch bei der Anzeige von Soll-Ist-Werten und Regelabweichungen setzt sich immer mehr die elektronisch gesteuerte quasianaloge Form der Darstellung, kombiniert mit einer zusätzlichen digitalen Anzeige für die genaue Ablesung, gegen die klassischen elektromechanischen Merkmale durch. Diese Entwicklung wird einerseits von der geringen Empfindlichkeit der elektronischen Anzeigen gegenüber Umwelteinflüssen und ihrer mikroelektronikkompatiblen Technologie, andererseits von ingenieurpsychologischen Gesichtspunkten getragen. Die Preisdegression der mikroelektronischen Bauelemente macht den ökonomischen Einsatz solcher Anzeigen möglich.
Ein ähnlicher Trend zeigt sich bei der Registriertechnik, wo verstärkt nichtmechanische Funktionsprinzipien (z. B. Thermodruckzeile) in Verbindung mit Mikroprozessorsteuerungen Anwendung finden. Die Notwendigkeit der Papiereinsparung wird aber offensichtlich zu einer Reduzierung des Einsatzes von Registriergeräten führen und läßt verstärkt die Nutzung moderner hochintegrierter Speicherbauelemente erwarten. Die Daten stehen gewissermaßen auf Abruf bereit und können bei Bedarf nachträglich registriert werden.

Der **VEB Mertik Quedlinburg** als profilierter Hersteller von Reglern für die Kleinautomatisierung war mit einer Reihe neuer Erzeugnisse vertreten, von denen die *Gasventilkombination Typ 398.40* und der *Thermostat für Heizkörperventile Typ 375.01* vorgestellt werden sollen. Beide Regler dienen der Konstanthaltung der Raumtemperatur in beheizten Räumen.

Die Gasventilkombination ist für den Einbau in Außenwand-Gasraumheizer mit einer Nennleistung von 3,5 bis 5 kW bestimmt. Sie enthält alle Bedienelemente zur Betätigung des Heizers sowie eine Wiedereinschaltverriegelung mit thermoelektrischer Zündsicherung. Mit dieser Verriegelung wird eine Fehlbedienung durch unmittelbares Wiedereinschalten nach einem Anschaltvorgang ausgeschlossen. Die Gasventilkombination stellt einen Zweipunktregler ohne Hilfsenergie dar. Besonders hervorzuheben ist die kompakte Ausführung des Gerätes.

Der Thermostat für Heizkörperventile ist ein Regler ohne Hilfsenergie mit P-Verhalten. Er bildet mit dem als Stellglied wirkenden Heizkörperventil eine konstruktive Einheit, die anstelle eines gewöhnlichen Ventils mit Handbetätigung in Zweirohr-Warmwasserheizungen mit großer Temperaturspreizung (40 K) und relativ geringen Umlaufwassermengen je Heizkörper (20 bis 100 kg/h) eingesetzt werden können. Die Einstellung der Sollwerttemperatur erfolgt über einen Knopf, der entsprechende Merkziffern aufweist. Durch den Einsatz dieser Geräte ist es möglich, auftretende zusätzliche Wärmequellen (Sonneneinstrahlung, elektrische Geräte u. ä.) zu nutzen und dadurch Heizenergie einzusparen.

Neu beim **VEB Wetron Weida** war der *elektronische Temperaturregler RK 40* bis *42*, der die Reglerserie Typen 60-2, 4, 5 und 01 ablöst. Die neuen Regler sind meßwerklose elektronische Tastwertregler mit Widerstandsthermometer und Thermoelementeingang. Die wichtigsten Merkmale sind digitale Einstellung des Sollwertes, in Grad-Schritten reproduzierbar, Einführung des PDPI-Regelalgorithmus, Grenzwertsignal, wahlweise mit Zeitverhalten, höhere Kontaktbelastbarkeit am Ausgang mit 85 VA, Frontabmessung 96 × 96 mm.

3. Stelltechnik

Ausgehend davon, daß der pneumatische Stellantrieb aufgrund seiner Vorzüge auch im Zeitalter der Mikroelektronik Bindeglied zwischen Automatisierungsgeräten und Prozeß sein wird, wurde vom **VEB Geräte- und Reglerwerk Dresden** ein *Kopplungsprogramm* offeriert.

Dieses Programm umfaßt
- einen *I/p-Stellungsregler* als Koppelglied zwischen Geräten der elektrischen bzw. elektronischen Meßwertverarbeitung und dem pneumatischen Stellantrieb
  - . Eingangssignal: 4—20 mA, teilbar in 2—4 Bereiche
  - . elektronischer Soll-Ist-Wert-Vergleich
  - . Hilfsluftdruck 140 bis 250 kPa
  - . Proportionalverstärkung zwischen 30 und 100
  - . Eingangswiderstand 400 kΩ bei 20 mA
  - . lineare oder nichtlineare Hubcharakteristik
  - . Fehlerklasse 1.6
  - . Explosionsschutz Ex(ib) IIc nach TGL 19491
- einen *pneumatischen Stellungsregler*
- einen *induktiven Lageschalter*, Explosionsschutz analog *I/p* Stellungsregler
- einen *elektrischen Lageschalter*, Ausgangssignal 0/220 V, 4 A
- einen *pneumatischen Lageschalter*
- einen *elektrischen Stellungsgeber*, ausgestattet mit einem Präzisionspotentiometer: Ausgangssignal 10 bis 110Ω, Explosionsschutz analog *I/p* Stellungsregler.

VEB MAW „Karl Marx" Armaturenkombinat Magdeburg zeigte einen selbsttätigen Druckregler mit Membranantrieb, bei dem der Materialaufwand verringert, das Betriebsverhalten verbessert und die Zuverlässigkeit erhöht wurden. Ausgangspunkt für diese Verbesserungen waren die steigenden Anforderungen an derartige Regler auf dem Gebiet der Fernwärmeversorgung.
Interessant dürften weiter Aktivitäten sein, die auf eine Verringerung der Lärm-

emission bei Stellventilen gerichtet sind. Maßnahmen dieser Art wurden von der **Samson AG, Meß- und Regeltechnik Frankfurt (Main)/BRD**, die über einen entsprechenden Geräuschprüfstand verfügt, belegt. Sie bestehen im wesentlichen darin, daß innerhalb des Ventilkörpers ein stufenweiser Abbau des Druckes mittels mehrstufiger Axialkegel erfolgt oder Strömungsteiler in Form eines nicht rostenden Drahtgeflechtkörpers zum Einsatz gelangen.

Intersigma, Prag, offerierte *Schieber* des *Typs MOSTRO mit elektrischem Stellantrieb* für ND 160 bis ND 400. Die Keilschieber sind mit Bügelaufsatz und selbstdichtendem Deckel ausgestattet. Sie sind für Wasser, Wasserdampf und nichtaggressive Flüssigkeiten bis 400 °C bzw. 550 °C einsetzbar. Das Angebot umfaßt die Nennweiten 50 bis 350. Das Gehäuse ist aus legierten bzw. unlegierten Stählen lieferbar. Die Armaturen sind mit Flanschen oder mit Einschweißenden erhältlich. Der Stellantrieb besteht aus dem elektrischen Antriebsmotor, dreiphasig 380/220 V oder 500 V, 50 Hz, und einem Getriebe, das mit einer Handbetätigung ausgestattet ist.

Die **Vereinigte Armaturen Gesellschaft mbH Mannheim/BRD** zeigte *Absperrklappen* in Form von Exzenterklappen mit doppelexzentrisch gelagerter Klappenscheibe, die mit einem Dichtring mit einem speziellen Profil versehen ist. Die Sitzfläche im Gehäuse wird serienmäßig durch eine korrosionsbeständige und verschleißfeste Nickelauftragschweißung hergestellt. Die Klappen sind bis zu Temperaturen von 120 °C einsetzbar. Die Buntmetallfreiheit erlaubt einen weitgespannten Einsatzbereich. Die Klappen werden in Nennweiten von 150 bis 1600 geliefert. Die zulässigen Betriebsdrücke liegen zwischen 4 und 16 bar.

Zwei-, Drei- und Vierwegschieber mit konischen Schieberküken, insbesondere für flüssige und schwer fließbare Stoffe waren im Programm der **Pumpenfabrik Wangen/BRD** enthalten. Die Schieber sind so konstruiert, daß keine Partikel zwischen Küken und Schieberwand eindringen können.

KOVO, Prag, offerierte *explosionsgeschützte Schubantriebe MODACT, Baureihe MT Ex* mit konstanter Stellgeschwindigkeit, Stellkraft 6300 bis 25000 N. In den Endlagen werden die Motoren durch einstellbare Moment- oder Lageschalter abgeschaltet. Selbsthemmung ist gesichert. Der Nachlauf wird durch die Verwendung von Bremsmotoren klein gehalten. Die Handbetätigung ist über ein Planetengetriebe ohne Kupplung möglich. Der Antriebsmotor ist druckfest gekapselt. Die Stellgeschwindigkeiten liegen zwischen 30 und 125 mm/min, der Hub zwischen 15 und 100 mm. Die Masse der Antriebe beträgt 40 kg, die zulässige Umgebungstemperatur liegt zwischen −40 und +50 °C.

EMG Wendenhütte, Wenden/BRD, zeigte *elektrohydraulische und elektromechanische Stellantriebe.* Als elektrohydraulische Stellantriebe mit der Bezeichnung *ELDRO* stehen Geräte mit Leistungen zwischen 1100 und 36000 Ncm zur Verfügung. Die elektromechanischen Stellantriebe mit der Bezeichnung *DREHMO* werden in 8 Baugrößen mit einem Leistungsbereich von 10 bis 10000 Nm und Drehzahlen bis 510 U/min für schnelle Stellvorgänge hergestellt. Der DREHMO-Antrieb mit der Bezeichnung *Vario-Torque,* der als Neuheit offeriert wurde, bietet erstmalig ein stufenlos programmierbares und fernsteuerbares Ändern des Drehmomentes während des Stellvorganges über den gesamten Stellweg in beiden Richtungen, kraftschlüssiges Einfahren in beide Endlagen, definiertes Einfahren in die Rückdichtung, hohe Verfügbarkeit auch in gefährdeten Räumen durch Installation aller Betriebs- und Steuereinrichtungen außerhalb der gefährdeten Einsatzorte und sichere elektrische Ansteuerung durch Eigenüberwachung.

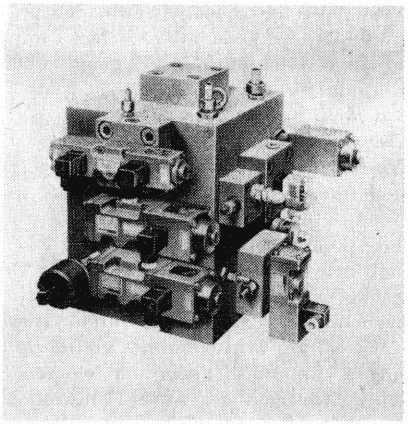


Bild 3. Steuerblock mit 2-Wege-Einbauventilen für Betriebsdruck 16 MPa
(VEB ORSTA Hydraulik Leipzig)

VEB ORSTA Hydraulik Leipzig zeigte aus dem Sortiment der *hydraulischen Arbeitszylinder, Strom- und Druckventile* sowie der *hydraulischen Zwei-Wege-Einbauventile* Neu- und Weiterentwicklungen. Als Neuentwicklung aus dem Sortiment der *Universalaggregate* wurde ein *Steuerblock für Kunststoffspritzautomaten* vorgestellt.

Die *hydraulischen Arbeitszylinder ND 16 MPa* nach TGL 29021 wurden als wichtige Weiterentwicklung offeriert. Die Lebensdauer beträgt unter härtesten Bedingungen 500 km Kolbenlaufweg. Das Programm umfaßt Nenngrößen mit 90, 100 und 110 mm Kolbendurchmesser, Kolbengeschwindigkeit 0,01 bis 0,7 m/s, Umgebungstemperatur −25 bis +80°C.

Die 2-Wege-Einbauventile nach TGL 37068/01, Nenndruck 32 MPa, werden in den Nennweiten 16, 25 und 32 angeboten. Der Volumenstrom, bezogen auf die Nennweiten, beträgt 250; 500 und 1000 dm³/min, die Einbaulage ist beliebig. Die Ventile zeichnen sich durch geringen Druck- und Leckverlust und kurze Schaltzeiten aus.

Der aus den neuartigen *2-Wege-Einbauventilen* zusammengesetzte oben erwähnte *Steuerblock* beinhaltet eine Verringerung der Abmessungen und der Masse, eine Verbesserung der Zugänglichkeit und Dichtheit sowie besseres Schaltverhalten und Verminderung der Druckverluste (Bild 3).

Erwähnenswert aus dem Angebot dürfte auch eine *Sperrschieberpumpe* zur Versorgung der Stellantriebe mit einem Gesamtschallpegel sein, der etwa 10 dB unter dem von Zahnradpumpen liegt. Die Pumpen erzeugen einen nahezu konstanten Förderstrom bei konstanter Antriebsdrehzahl. Die Pumpen werden in 10 Baugrößen hergestellt, Fördervolumen 6,3 bis 50 cm³/h, Nenndruck 16 MPa, Dauerbetriebsdruck 20 MPa (Bild 4).

Schließlich sei noch auf eine weiterentwickelte *Radial-Kolbenpumpe,* Nenndruck 16 MPa, mit einer *Druckregeleinheit D40* hingewiesen, bei der sich durch die Veränderung des Druckfühlers Vereinfachungen zwischen Pumpe und Stelleinheit ergeben (Bild 5).

Die **Herion-Werke KG Fellbach/BRD** zeigten unter anderem 5/2- und 5/3-Wegeventile für Betriebsdrücke zwischen −1 bis 2,5 und 16 bar, mit Weichdichtung, mit pneumatischer und elektrischer Betätigung.

Schließlich sei noch auf die vom **VEB Meßgerätewerk Beierfeld** gezeigten *Plastmagnetventile* hingewiesen, die in Form von Doppel- und Dreifachmagnetventilen mit der Typenbezeichnung *DMV8* und *TMV8* hergestellt werden; Betriebsspannung 220 V bei 50 Hz.

4. Industrierobotersteuerungen

Für die Automatisierung der industriellen Fertigung und das Gestalten huma-

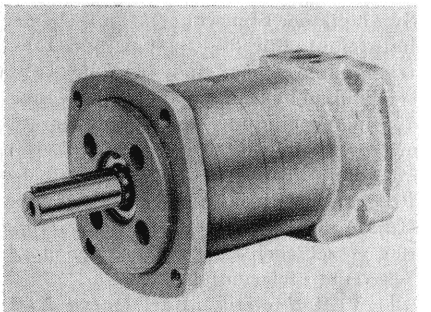


Bild 4. Sperrschieberpumpe
(VEB ORSTA Hydraulik Leipzig)

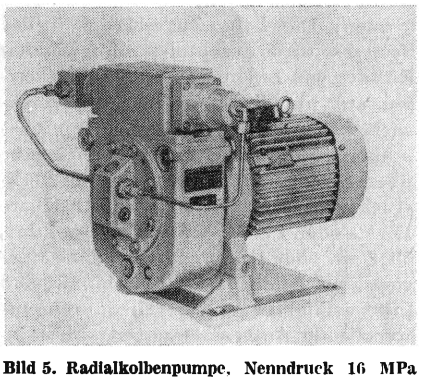


Bild 5. Radialkolbenpumpe, Nenndruck 16 MPa mit Druckregeleinheit D 40
(VEB ORSTA Hydraulik)

Tafel 2. Überblick über die auf der LFM 82 vorgestellten Industrieroboter der 1. und 2. Generation

Allgemeine Angaben	Hersteller (Entwickler)		VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik (FZW Karl-Marx-Stadt)	VEB Automobilwerke Zwickau (Ingenieurhochschule Zwickau)	VEB Ingenieurbetrieb für Rationalisierung, WTZ des Kombinates Haushaltgeräte Karl-Marx-Stadt	VEB Elektromotorenwerke Thurm (Ingenieurhochschule Zwickau)	VEB Zentraler Ingenieurbetrieb der Metallurgie VEB Kombinat Fortschritt	VEB Schwermaschinenbau „Heinrich Rau" Wildau
	Typ		IR 2/S II	IR 3P	IR 5 IR 5–10	IR 20 NC	ZIM 60 IR 60	IRS 3000
	Antriebsart Antriebsleistung		hydraulisch	pneumatisch	elektrisch	hydraulisch	elektrisch	hydraulisch
Kinematischer Aufbau	Koordinatenbezeichnung		Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Gelenkkoordinaten	Gelenkkoordinaten
	Roboter Wege und Geschwindigkeiten	X	630 mm, 1 ms^{-1}, 10 Positionen	315 mm, 1 ms^{-1}, 3 Positionen	600 mm, 06 ms^{-1}	1000 mm, 1000 mm s^{-1}		2500 mm, 800 mm s^{-1}
		Y	50 mm, 1 ms^{-1}, 2 Positionen					
		Z	750 mm, 0,5 ms^{-1}, 20 Positionen	200 mm, 1 ms^{-1}, 2 Positionen	400 mm, 0,6 m^{-1}	710 mm, 1000 mm s^{-1}		2500 mm, 800 mm s^{-1}
		A					B1 (B): +20°, −55°, 1 m/s	
		B					B2 (H): +10°, −50°, 1 m/s	
		C	270°, 60° s^{-1}, 4 Positionen	225°, 90° s^{-1}, 3 Positionen	240°, 90° s^{-1}	220°, 90° s^{-1}	330°, 90° s^{-1}	300°, 30° s^{-1}
	Werkzeuge	A_W(D)	270°, 90° s^{-1}, 4 Positionen			180°, in Stufen zu 30°		180°, 45° s^{-1}
		B_W(E)			−60°, 0°, +60°	(± 90°)	360°, 200° s^{-1}	±90°, 45 °s^{-1}
		C_W(F)				±90°	180°, 100° s^{-1}	±20°, 45° s^{-1}
	Werkzeuge		Doppelgreifer für rotationssymmetrische Werkstücke					
	Tragfähigkeit		2 × 200 N	30 N	50 N	200 N	600 N	3000 N
	Positioniergenauigkeit		±0,3 mm	±0,5 mm	±0,4 mm	±0,5 mm	±0,4 mm	X, Z: ±1,5 mm C: ±0,1°
	Sensoren							
Steuerung	Steuerungsart		elektronisch, PTP IRS 2000: Zwischenpositionen in X- und Z-Achse wählbar	pneumatisch, PTP DRELOBA-System	elektronisch, PTP IRS 600 für IR 5–10: PS 2000	elektronisch, PTP fünf gesteuerte Achsen (davon drei numerisch)	elektronisch, PTP	elektronisch, PTP
	Art der Programmierung		Teach-In	Steckerfeld 44 Plätze	Teach-In	Teach-In	Teach-In	Teach-In
	Speicher, Speicherkapazität		Halbleiter-Speicher		Halbleiter-Speicher	Halbleiter-Speicher 45 Programmschritte Stapelprogramm	Halbleiter-Speicher	Halbleiter-Speicher 1000 (2000) Programmschritte
	Wegmeßsysteme		Bandinductosyn	ohne	Resolver	Wegmeßsystem IGR		
	Anzahl externer Funktionen							8 Eingänge 8 Ausgänge
	Bemerkungen		Beschickungsroboter in Ständerbauweise	Beschickungsmanipulator	zum Beschicken und Verketten von Maschinen	Beschickungsroboter		

Fortsetzung Tafel 2

Allgemeine Angaben	Hersteller (Entwickler)		Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR Halle (ZIS)					Beroe Robot Research and Production Works VR Bulgarien	Beroe Robot Research and Production Works VR Bulgarien	Beroe Robot Research and Production Works VR Bulgarien	Beroe Robot Research and Production Works VR Bulgarien
	Typ		Baukasten ZIS 995					Pirin	RB 110	RB 211	RB-232, RB-233, RB-234
	Antriebsart Antriebsleistung							hydraulisch	pneumatisch	hydraulisch	hydraulisch
Kinematischer Aufbau	Koordinatenbezeichnung			Baueinheit	Stellweg	Einbaulage	Stellgeschwindigkeit	Belastung	Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Gelenkkoordinaten	Zylinderkoordinaten
	Roboter Wege und Geschwindigkeiten	X	Translation	T 100 T 250 T 400 T 1000	100 mm 250 mm 400 mm 1000 mm	beliebig beliebig beliebig vertikal/ horizontal	2,4 m/min 0,25—7,0 m/min	100 N 100 N 400 N 1250 N	250/350/500 mm 0,05 bis 0,25 m/s	1100 mm, 1 m/s		914,2 mm, 0,91 m/s
		Y							Traverse: 100 mm			Traverse: 1220 mm
		Z		T 2800 T 6300	2800 mm 6300 mm	horizontal		2500 N 2500 N	30/110/205 mm, 0,05 bis 0,25 m/s	300 mm, 0,25 m/s		914,2 mm, 0,91 m/s
		A									90°	
		B									90°	
		C	Rotation	R 360	360°	beliebig	100° s^{-1}	320 N	180°, 0,78 bis 2° s^{-1}	360°, 1,6° s^{-1}	90°	300°, 60° s^{-1}
	Werkzeuge	$A_W(D)$	Schwenken	S 180	180°	beliebig	150° s^{-1}	50 N	90°, 180°		210°	300°, 45° s^{-1}
		$B_W(E)$									210°	180°, 45° s^{-1}
		$C_W(F)$	Werkstückbewegung	DT 360	Drehen 360° Schwenken 90°	vertikal horizontal	100° s^{-1} 36° s^{-1}	400 N			210°	270°, 45° s^{-1}
	Werkzeuge											
	Tragfähigkeit								200 N	100 N	150 N	1840 N, 2760 N, 9200 N
	Positioniergenauigkeit		±1 mm						±0,5 mm	±0,5 mm	±3 mm	1,27 mm
	Sensoren		Abstandssensor ZIS 10-67, Positioniersensor									
Steuerung	Steuerungsart		elektronisch, PTP, CP						elektronisch	elektronisch, PTP	elektronisch, CP	elektronisch, PTP, CP
	Art der Programmierung		Teach-In							manuell	Teach-In	Teach-In
	Speicher, Speicherkapazität		Halbleiterspeicher: Zahl der Positionen 96 Schweißstrom 100 Stufen Schweißspannung 100 Stufen Schweißgeschw. max. 28 Stufen							Halbleiterspeicher 256 Schritte	Halbleiterspeicher Floppy-Disk	
	Wegmeßsysteme											
	Anzahl externer Funktionen		6								10 Anschlüsse	
	Bemerkungen		Realisierung aller für Punkt- und Lichtbogenschweißen notwendiger Funktionen									

Fortsetzung Tafel 2

Allgemeine Angaben	Hersteller (Entwickler)		Messer Griesheim GmbH, igm Industriegeräte- und Maschinenfabrik	Fujitsu Fanuc Ltd.		Fujitsu Fanuc Ltd.		Toshiba Seiki Co., Ltd.		Toshiba Seiki Co., Ltd.
	Typ		Limat 2000	Robot A Model 0	Robot A Model 1	Robot M Model 0	Robot M Model 1	Tosman-200	Tosman-300	IX–15
	Antriebsart Antriebsleistung		elektrisch	elektrisch, 3 kVA	elektrisch, 5 kVA	elektrisch, 2 kVA	elektrisch, 4 kVA	elektrisch	elektrisch	hydraulisch, 5 kVA
Kinematischer Aufbau	Koordinatenbezeichnung		kartesische Koordinaten	Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Zylinderkoordinaten	Kartesische Koordinaten	Kartesische Koordinaten	Kugelkoordinaten
	Roboter Wege und Geschwindigkeiten	X	730–1470 mm	300 mm, 1200 mm/s	500 mm, 1200 mm/s	150 mm, 500 mm/s	1100 mm, 1000 mm/s	200/400/600 mm, 60 mm/s	200/400/600 mm, 90 mm/s	2478 mm
		Y	540–1700 mm							
		Z	1130 mm	300 mm, 600 mm/s	500 mm, 500 mm/s		500 mm, 500 mm/s		600/900/1200 mm, 120 mm/s	2544 mm
		A				90°, 120° s^{-1}		60°, 20° s^{-1}	60°, 20° s^{-1}	
		B						Mögliche Konfiguration: eine Achse: X od. Y zwei Achsen: X u. Y zwei Achsen: X od. Y,A drei Achsen: X, Y, A	Achsenkombinationen möglich	
		C		300°, 120° s^{-1}	300°, 120° s^{-1}	120°, 120° s^{-1}	300°, 60° s^{-1}			220°, 90° s^{-1}
	Werkzeuge	AW(D)		360°, 120° s^{-1}	360°, 120° s^{-1}	180°, 120° s^{-1}	270°, 60° s^{-1}			360°, 90° s^{-1}
		BW(E)					±5°, 30° s^{-1}			220°, 90° s^{-1}
		CW(F)		360°, 120° s^{-1}	360°, 120° s^{-1}					360°, 90° s^{-1}
	Werkzeuge		Schweißpistole	mechanischer Greifer	mechanischer Greifer	mechanischer Greifer	mechanischer Greifer			mechanischer Greifer Schweißzange
	Tragfähigkeit			50 N	150 N	200 N	310 N	200 N	200 N	250 N
	Positioniergenauigkeit			±0,1 mm	±0,1 mm	±0,5 mm	±1 mm	±1,5 mm je Achse	±1,5 mm je Achse	±1 mm
	Sensoren									
Steuerung	Steuerungsart		elektronisch, Bahnsteuerung Rechner: Digital PDP 11/03 Nahtsuchsteuerung über Lichtbogenwiderstandsänderungen	elektronisch, PTP	elektronisch, PTP	elektronisch, PTP	elektronisch, PTP	elektronisch, PTP Gruppensteuerung bis 10 Zwei-Achsen-Roboter (DDC-Verfahren)	elektronisch, PTP Gruppensteuerung bis 8 Roboter T-300 (DDC-Verfahren)	elektronisch, PTP
	Art der Programmierung		Teach-In	Teach-In	Teach-In	Teach-In	Teach-In	Play-Back, Teach-In	Teach-In	Teach-In
	Speicher, Speicherkapazität		Halbleiterspeicher 1024 Schritte 97 Geschwindigkeitsstufen 2 Stufen Eilversetzen 9 Verweilzeiten Zusatzspeicher: Magnetband	Halbleiterspeicher 6000 Punkte Speichererweiterung: Magnetblasenspeicher 2700 Punkte	Halbleiterspeicher 6000 Punkte Speichererweiterung: Magnetblasenspeicher 2700 Punkte	Halbleiterspeicher 100 Punkte Speichererweiterung: Magnetblasenspeicher 2700 Punkte	Halbleiterspeicher 6000 Punkte Speichererweiterung: Magnetblasenspeicher 2700 Punkte	Halbleiterspeicher 32 Punkte	Halbleiterspeicher 192 Punkte	Halbleiterspeicher 512 Punkte
	Wegmeßsysteme		inkrementale Winkelschrittgeber, Auflösung 0,01 mm							
	Anzahl externer Funktionen		54 Eingangssignale 22 Ausgangssignale	15 Eingänge 16 Ausgänge	15 Eingänge 16 Ausgänge					6 Eingänge 12 Ausgänge
	Bemerkungen		Schweißroboter mit Pendel- und Nahtsuchsystem	Montageroboter, nur 4 Achsen gleichzeitig verfahrbar	Montageroboter, nur 4 Achsen gleichzeitig verfahrbar		Werkstückhandhabung	Punktschweißroboter, Bahnsteuerung möglich	Punktschweißroboter, Bahnsteuerung möglich	Punktschweißroboter

ner Arbeitsplätze gewinnt der Industrierobotereinsatz zunehmend an Bedeutung. Die meisten der gegenwärtig eingesetzten Industrieroboter sind *Roboter der 1. Generation.* Sie werden für getaktete, sich wiederholende Handhabungsaufgaben eingesetzt, z. B. zum

- Bestücken von Werkzeugmaschinen mit Werkstücken aus und in fest fixierten Positionen
- Be- und Entladen von Paletten mit vorgegebener Lage und Orientierung
- Punktschweißen von Werkstücken in Positionierhalterungen
- Lackieren und Galvanisieren von Bauteilen.

Von unterschiedlichen Herstellern wurden eine Reihe von Industrierobotern dieser Generation ausgestellt und teilweise in o. g. Anwendungsbeispielen gezeigt. Die Ausstellungsobjekte standen vielfach beispielgebend für weitere Angebote (vgl. hierzu Tafel 2). Eine bemerkenswerte Neuentwicklung war vom **VEB Schwermaschinenbau „Heinrich Rau" Wildau** der *Schwerlastroboter IRS 3000,* der bei seiner Größe und Tragfähigkeit eine beachtenswerte Positionsgenauigkeit aufweist.
Industrieroboter der 2. Generation haben die Fähigkeit, über Sensoren Veränderungen oder Ereignisse in ihrer Umgebung zu erkennen und sich durch entsprechende Modifikationen des Steuerprogramms an neue Situationen anpassen zu können. Dies betrifft z. B.

- Identifikation und Lagebestimmung von gesteuerten Werkstücken
- Erkennen und Greifen von Teilen auf Fördersystemen
- Oberflächenbearbeitungen und Fügearbeiten (Schweißen)
- Montage von Bauteilen
- Handhaben von lose verteilten Werkstücken (Griff in die Kiste).

Verschiedene derartige Systeme sind in der Erprobung und werden gegenwärtig — wenn auch noch zögernd — in der Produktion eingeführt. Das **Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR (ZIS) Halle** stellte mit seiner *Sensorsteuerung ZIS 10-69* eine Baugruppe vor, die es ermöglicht, drei Hauptachsen wahlweise mit Hilfe von maximal zwei Positionssensoren zu steuern. Der Modul ist integrierbar in das *Roboter-Baukasten-System* des ZIS.

Die Fa. **Messer, Griesheim/BRD,** zeigte den *Präzisions-Zweiarm-Schweißroboter Limat 2000.* Er ist rechnergesteuert über den Mikrorechner PDP 11/03 mit 16-KWort-Speicher. Neben den Funktionen zur Bewegungs- und Schweißleistungssteuerung kann diese Anlage mit einer Pendel- und Nahtsuchsteuerung ausgestattet werden. Die Winkelgeschwindigkeit der Pendelbewegung, der Pendelhub und die Verweilzeiten in den Pendelendlagen können über den Mikroprozeßrechner programmiert werden. Die Nahtsuchsteuerung ermittelt durch den Rechner Veränderungen des Lichtbogenwiderstandes. Die für die Veränderung des Lichtbogenabstandes charakteristischen Parameter werden in einem Register des Rechners aufgezeichnet und während jedes Rechenzyklus nach den für die Nahtposition signifikanten Kriterien überprüft. Die durch die Nahtnachführung aufgetretenen Abweichungen in der Schweißpistolenanstellung werden durch Nachregelungen der Achsen korrigiert.
Neben den Firmen der DDR (**VEB Kombinat „Fritz Heckert" Karl-Marx-Stadt; VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik „7. Oktober" Berlin-Marzahn; VEB Ingenieurbetrieb für Rationalisierung im Kombinat Haushaltgeräte Suhl; VEB Kombinat „Fortschritt" Landmaschinenbau Neustadt; Zentralinstitut für Schweißtechnik (ZIS) Halle; Kombinat VEB Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke „Hans Beimler" Hennigsdorf**) boten insbesondere die **Vertriebsorganisation Maschinoexport der VR Bulgarien** und die japanischen Firmen **Mitsui Fanuc** sowie **Toshiba Seiki** ihr umfangreiches Sortiment an Industrierobotern an. Neben den Standardtypen waren auch Baukastensysteme zu sehen, die in unterschiedlichen Konfigurationen, auch gruppenweise, gesteuert werden können und sich damit für den Einsatz an Fertigungsstraßen eignen (*Tosman-200, Tosman-300*).
Eine Aufstellung mit den wesentlichen Leistungsdaten zeigt die Tafel 2.

Steuerungstechnik

Zur Gewährleistung der Bewegungsabläufe gemäß einem vorgegebenem Programm werden für Industrieroboter unterschiedliche Gerätesysteme eingesetzt.

1. Einfache Systeme mit manueller Programmierung, bei der die Haltepunkte jeder Bewegungsachse physikalisch fixiert werden.
Das *pneumatische System der DRELOBA-Steuerung ROG-5* des **VEB Reglerwerk Dresden** ist gedacht für *punktgesteuerte Roboter des Typs IR 3P.* Sie ist ausgelegt für 58 Steuertakte.
2. Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS), vorwiegend für Play-Back- und Teach-In-Programmierungsverfahren.

Aus dem **VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau Berlin** waren im Angebot die *programmierbare Steuerung PS 2000* als *Kassettenvariante PS 2000/1* sowie die *freiprogrammierbare Industrierobotersteuerung IRS 600.* Sie ist eine NC-Steuerung mit Punkt-zu-Punkt-Charakteristik (PTP) und ist im Teach-In-Verfahren frei programmierbar. Die IRS 600 wird vom Hersteller, dem **VEB Numerik „Karl Marx", Karl-Marx-Stadt,** für den *Beschickungsroboter IR 2* angeboten. Vom **VEB Elektro-Apparate-Werke „Friedrich Ebert" Berlin** kommt die *SPS ursalog 5020.* Sie umfaßt die Grundeinheit, die Stromversorgung und Geräte zur Eingabe/Ausgabe-Signalanpassung. Ergänzend werden Baugruppen und Geräte zur Programmierung, Bedienung und für den Service bereitgestellt. Für die Aufnahme von Anwenderprogrammen stehen maximal 32 Kbyte EPROM-Speicher zur Verfügung.

Speicherprogrammierbare Steuerungen, speziell für die Anwendung für Industrieroboter, boten die Fa. **Schiele Industriewerke KG Hornberg/BRD** das *SPS 600 System* im 19″-Baugruppenträger (512 Eingänge, 512 Ausgänge, 2—4 KRAM-EPROM-Speicher) sowie die Fa. **Allen-Bradley Haan/BRD** das *System PLC-2* (32 bis 512 Eingabe/Ausgabekanäle, 1/2 K bis 8 K CMOS RAM — in Gruppen aufrüstbar) an. Die Programmierung der Systeme erfolgt jeweils über entsprechende Programmiergeräte. Allen-Bradley bietet zu einem System noch ein *Datenverbundsystem* (*Data Highway*) zum Fernanschluß von bis zu 64 Endgeräten (3000 m Anschlußlänge, Übertragungsrate 57,6 kbaud) an. Damit werden diese SPS in übergeordnete Fertigungssteuerungen sowie Service- und Überwachungssysteme integrierbar.
Neben den Steuerungssystemen waren eine Reihe von *Sensoren* und *Stellgliedern* ausgestellt. Vom **VEB Carl Zeiss JENA** kommen *inkrementalrotatorische, Durchlicht-* und *Auflichtlängenmeßsysteme* der *Typen IGR, IDL 1* und *IAL A.*
Gleichstrom-Stellmotoren RSM für Industrieroboter sind neue Erzeugnisse aus dem **VEB Kombinat Elektromaschinenbau Dresden.** Es sind permanenterregte Gleichstrommotoren mit integriertem Gleichstrom-Aufstecktachogenerator.
Außer dem Tacho kann zusätzlich der Geber IGR als digitales Wegmeßsystem angekuppelt werden. Geeignet für den Einsatz bei Robotern sind auch die *werkzeugmaschinenspezifischen Gleichstrom-Stellmotoren* der *Typenreihe GSM, WSM und WSM 2.* Für kleinere Baueinheiten stehen Präzisions-Kleinstmotoren mit genutetem Läufer und Hohlläufer zur Verfügung.

Detailliert wurden 5 Kategorien von Stellmotoren offeriert, und zwar

- *Stellmotoren RSM Kurzbauweise 3 Ncm* bis *51,7 Ncm*
- *Gleichstromstellmotoren*
  Typ GSM Nennspannung 60 bis 110 V
  Drehmoment 1 bis 14 Nm
  Drehzahl 1500 U/min ± 20%
  Typ WSM Nennspannung 24 bis 80 V
  Drehmoment 1,7 bis 51,7 Nm
  Maximaldrehzahl 2000 bis 4500 U/min
- *Präzisions-Kleinstmotoren mit Hohlläufer*
  Typ GMM Nennspannung von 3 bis 24 V
  Nennmoment 0,035 bis 2 Ncm
  Nenndrehzahl 2400 bis 5600 U/min
- *Präzisions-Kleinstmotoren*
  Nennspannung 24 V
  Nenndrehmoment 3 Ncm
  Nenndrehzahl 5000 U/min

Generell ist auf die Schutzgrade IP 44 und IP 54 orientiert, in Sonderfällen IP 23 oder auch IP 56.

msr 7655 *P. Bretschneider, A. Drechsel, W. Fritzsch, H. Gena, M. Hochbach, B. Michel, A. Rüllich, K. Sander, G. Wiegand, B. Wisser*

VEM-Handbuch Elektroenergieanlagen — Anlagentechnik. Von einem Autorenkollektiv. Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 448 Seiten, 262 Bilder, 103 Tafeln, 40,— Mark.
Bestell-Nr. 552718 0

Das Buch bildet die thematische Fortsetzung des 1975 erschienenen Handbuches „Elektroenergieanlagen — Grundlagen und Anlagenteile". Es ist untergliedert in die vier Hauptabschnitte

- Grundlagen der Anlagentechnik
- Auswahl der Anlagenteile und Teilanlagen
- Stationen
- Prüfung und Inbetriebsetzung.

Dem Autorenkollektiv ist es gelungen, den aktuellen Stand der Technik des Anlagenbaus der DDR und der Methoden und Hilfsmittel der technischen Vorbereitung in das Buch einfließen zu lassen. Der Stoff wird in gut faßbarer Form, ohne Umschweife und mit optimalem theoretischem Aufwand dargelegt. Das trifft namentlich auf die Hauptabschnitte „Auswahl der Anlagenteile und Teilanlagen" und „Stationen" zu. Der Interessent findet jeweils an geeigneter Stelle Hinweise auf die Spezialliteratur. Hervorzuheben wegen ihrer Aktualität und straffen Fassung sind Abschnitte, wie „Stromrichter", „Einrichtungen zur Blindleistungskompensation" und „Akkumulatorenanlagen".
Wertvolle Anregungen ergeben sich aus den dargelegten modernen Methoden der Auswahl technischer Lösungen und der Dimensionierung der Betriebsmittel einschließlich der Hinweise und Beispiele zum Einsatz der EDV. Der Abschnitt „Kabelanlagen" ist hierfür besonders bemerkenswert.
Im Hauptabschnitt „Grundlagen der Anlagentechnik" überwiegt themenbedingt der Lehrbuchcharakter. Mit den dargestellten Berechnungsverfahren und den Betrachtungen zur Versorgungssicherheit stellt er ein wertvolles Hilfsmittel für die rationelle und ökonomische Anlagengestaltung dar. Vermißt wird die Behandlung solch konkreter Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit wie die automatische Netzumschaltung in Mittelspannungsanlagen.
Das Handbuch findet mit dem Hauptabschnitt „Prüfung und Inbetriebsetzung" seinen sinnvollen Abschluß.

Das Anliegen, diesen Themenkreis für alle Anlagenteile und Teilanlagen komplex zu behandeln, entspricht seiner gewachsenen Bedeutung im Interesse einer hohen Zuverlässigkeit der modernen Anlagen. Allerdings erscheinen Abschnitte, wie „Gestaltung von Prüfplätzen" und „Typenprüfungen", im Anlagenhandbuch entbehrlich.
Einschränkend ist festzustellen, daß dem Handbuch etwas mehr kritische Bewertung der dargebotenen technischen Varianten und Lösungswege durch die Autoren selbst gut zu Gesicht gestanden hätte. Der Blick zum Weltstand, insbesondere zu den Partnern im RGW, wird in vielen Abschnitten vermißt. Kritisch zu bemerken ist, daß kaum Literatur aus Quellen außerhalb der DDR genannt wird. Auch sollten Probleme des Betriebes und der Instandhaltung in einem solchen Handbuch stärker Berücksichtigung finden. Zum Beispiel bleibt das wichtige Gebiet der Wiederholungsprüfungen unerwähnt.
Unbeschadet der kritischen Bemerkungen kann den Autoren bestätigt werden, daß sie insgesamt ein wertvolles Arbeitsmittel für die im Anlagenbau der DDR von den Vorlaufbereichen bis hin zur Inbetriebnahme tätigen Ingenieure geschaffen haben. Das Handbuch ist auch dem Betreiber als Nachschlagewerk und dem Studenten als Zusatzliteratur sehr zu empfehlen.

B 1628 *D. Breuer*

Abschätzverfahren in der Automatisierungstechnik. Von *E.-G. Woschni.* Band 198 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 76 Seiten, 36 Bilder, 16 Tafeln, 4,80 Mark.
Bestell-Nr. 553098 8

Eine erfolgreiche Ingenieurtätigkeit ist eng mit dem Vermögen gekoppelt, unter gegebenen physikalisch-technischen, technologischen und ökonomischen Randbedingungen zweckmäßige geräte-, verfahrens- und fertigungstechnische Lösungen zu erarbeiten. Eine Vielzahl der Randbedingungen ist ebenso wie benutzte Modelle von Sachverhalten, Gesetzmäßigkeiten und Prozessen ihrem Charakter nach nicht sehr scharf bestimmt oder bestimmbar, so daß der Ingenieur gerade in der frühen Entwurfsphase auf Näherungs- und Schätzverfahren angewiesen ist.
Ähnliche Überlegungen haben offensichtlich zur Konzipierung dieses Bandes geführt. Zwar wird mit fortschreitender Entwicklung die Theorie immer weiter verfeinert und die moderne Rechentechnik kann womöglich zu einer Art blindem Vertrauen in numerische Rechnungen verführen, die Nutzung von Näherungsmethoden ist aber nach wie vor ein legitimes und sogar höchst effektives Instrument in der Hand des Ingenieurs. Abschätzungen beruhen immer auf der exakten Theorie und sind darüber hinaus auch von denjenigen anwendbar, die nicht die gesamte Theorie übersehen — ein wohl ebenso gewichtiger Grund wie der erstgenannte.
Im Buch geht der Autor von elementaren physikalischen Zusammenhängen und deren mathematischen Beschreibungen aus. Dabei werden Tendenz-, Grenzwert- und Linearitätsbetrachtungen zwanglos einbezogen und über Analogiebeziehungen die Verwandtschaften technischer Teildisziplinen anschaulich erklärt.
Als Anwendungen in der Automatisierungstechnik benutzt der Autor die Ermittlung von Kennwerten und Kennfunktionen für Signale und Systeme bis hin zu Speicherplatzbedarf und Rechenzeit beim Einsatz von Mikrorechnern. Gerade in diesen Abschnitten zeigt sich die große Lehrerfahrung des Autors, ihrer Natur nach komplizierte und den Neuling oft verwirrende Zusammenhänge plausibel darzustellen und auf diesem Weg auch den Zugang zur exakten Theorie zu erleichtern. Gerade aus dieser Sicht hätte sich der Rezensent die auf den letzten Seiten behandelte Abschätzung von Stabilität und Stabilitätsreserve rückgekoppelter Systeme ebenso ausführlich erläutert gewünscht wie vorangegangene Passagen. Platzgründe mögen dafür maßgebend gewesen sein.
Insgesamt wurde mit dem Band 198 ein Titel vorgelegt, der dem Anliegen der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK im besten Sinne entspricht. Jeder Benutzer, ob Spezialist oder Lernender, wird mit Gewinn darin lesen, sei es wegen des Kenntniszuwachses oder wegen der eingängigen Darstellung komplizierter Zusammenhänge. Ein empfehlenswertes Buch!

B 1618 *W. Richter*

Grundlagen der analogen Schaltungstechnik. Von *E. Balcke* und *H. Krause.* Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 404 Seiten, 463 Bilder, 33 Tafeln, 28,— Mark.
Bestell-Nr. 552946 9

Das in der ersten Auflage vorliegende Werk befaßt sich mit diskreten und integrierten Schaltungen der Analogtechnik. Nach einer Einführung in Vierpole, passive und aktive Netzwerke, Dioden und Transistoren werden Grundlagen der Verstärkerschaltungen einschließlich Gegenkopplung und Frequenzverhalten behandelt. Nach einleitenden Betrachtungen werden Operationsverstärker und ihre Anwendung ausführlich dargestellt. Selektivverstärker, analoge Leistungsverstärker und Oszillatoren folgen, und Kapitel über Netzgleichrichter und Stabilisierungsschaltungen sowie Auswerteschaltungen mit der IS-A 301 schließen das Werk ab. Eine Schaltungs- und Literaturübersicht vermittelt dem interessierten Leser weitere Informationen.
Das Buch vermittelt sowohl die theoretischen Grundlagen der behandelten

Schaltungen als auch viele praktische Hinweise zur Dimensionierung sowie zur Meßtechnik und Arbeitspunkteinstellung. Eine Vielzahl von Schaltbildern und Kennlinien unterstützt den Praktiker in seiner Entwurfsarbeit. Auf dem verfügbaren Raum wurde eine Fülle anwendungsbereiten Wissens zusammengetragen.
Die Darlegungen befähigen den Leser, die beschriebenen Schaltungen selbst zu dimensionieren, in Betrieb zu nehmen und den Gegebenheiten des praktischen Einsatzes anzupassen. Dazu helfen ihm zahlreiche erprobte Richtwerte.
Das Buch eignet sich sowohl für Direktstudenten an Hoch- und Fachschulen als auch zum Selbststudium und für die Weiterbildung von Ingenieuren, die die beachtlichen Fortschritte bei analogen Schaltkreisen für ihre praktische Arbeit nutzen wollen. Darüber hinaus kann es vielfältig als Nachschlagewerk eingesetzt werden. Die geschickte Stoffauswahl und die anschauliche Darstellung werden dem Werk eine schnelle Verbreitung sichern, und es ist vorauszusehen, daß es nicht bei der ersten Auflage bleiben wird.

B 1595 *H. Gottschalk*

Simulationssysteme. Von *I. S. Ladenko* (in Russ.). Novosibirsk: Nauka (Sibirskoe otdelenie) 1981. 300 Seiten, 38 Bilder, 2 Tafeln.

Mit der umfassenden Anwendung der EDV in der wissenschaftlichen Tätigkeit sowie in der Leitungstätigkeit wird es zunehmend erforderlich, die professionellen Erfahrungen der jeweiligen Spezialisten mit den Möglichkeiten der Rechentechnik zu verbinden. Das führt zur Projektierung und Realisierung komplizierter Informationssysteme, mit deren Hilfe die Spezialisten im Dialog mit der EDVA ihre Aufgaben lösen. In diesem Zusammenhang erhält die Untersuchung der Wechselwirkung formaler und nichtformaler Methoden Bedeutung.
Das Buch widmet sich aus dieser Sicht der methodologischen Analyse der Simulation intellektueller Prozesse. Damit stellt es einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der philosophischen Probleme bei der Untersuchung der künstlichen Intelligenz dar. Andererseits werden Struktur und Gesetzmäßigkeiten des Funktionierens sowie die Projektierung von Simulationssystemen untersucht. Der Autor behandelt methodologische Fragen der Erkenntnistätigkeit. Derartige gnoseologische und methodologische Grundlagen sind für die Gestaltung einer effektiven Zusammenarbeit von Spezialisten unterschiedlichster Fachgebiete, wie sie bei der Entwicklung automatisierter Informationssysteme notwendig ist, erforderlich.
Nach einer Einführung in die Probleme der Simulation intellektueller Prozesse werden die gnoseologische Struktur sowie die logische Modellierung intellektueller Prozesse aber auch die Struktur der Erkenntnisprozesse und der Systemprojektierung behandelt. Im Zusammenhang mit mathematischer Modellierung und hybriden Sprachen sind intuitive und formalisierte Sprachen bei der Simulation sowie die logische Struktur des Systems mathematischer Modelle dargelegt.

B 1580 *K.-H. Winter*

Optimization and Optimal Control. Proceedings of a Conference Held at Oberwolfach, March 16—22, 1980. Editors: *A. Auslender, W. Oettli* und *J. Stoer*. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1981. 251 Seiten.

Der Konferenzbericht enthält neue mathematische Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Optimierungstheorie und der Optimalsteuerung. Im einzelnen handelt es sich um folgende Beiträge:

M. Atteia, A. El Qortobi: Quasi-Convex Duality;
J.-P. Crouzeix: Some Differentiability Properties of Quasiconvex Functions on R^n;
J. Gwinner: On Optimality Conditions for Infinite Programs;
J.-B. Hiriart-Urruty: Optimality Conditions for Discrete Nonlinear Norm-Approximation Problems;
P. Huard: Feasible Variable Metric Method for Nonlinearly Constrained Problems;
B. Korte, R. Schrader: A Note on Convergence Proofs for Shor-Khachian-Methods;
C. Lemaréchal: A View of Line-Searches;
E. A. Nurminski: l1-Approximation and Decomposition of Large-Scale Problems;
J.-P. Penot: On the Existence of Lagrange Multipliers in Nonlinear Programming in Banach Spaces;
S. Schaible, I. Zang: Convexifiable Pseudoconvex and Strictly Pseudoconvex C^2-Functions (Extended Abstract);
K. Schittkowski: Organization, Test and Performance of Optimization Programs;
P. Spellucci: Han's Method without Solving QP;
M. Brokate: Necessary Optimality Conditions for Differential Games with Transition Surfaces;
F. Colonius: Regularization of Lagrange Multipliers for Time Delay Systems with Fixed Final State;
W. Hackbusch: Numerical Solution of Linear and Nonlinear Parabolic Control Problems;
M. Kohlmann: Survey on Existence Results in Nonlinear Optimal Stochastic Control of Semimartingales;
W. Krabs: Time-Minimal Controllability in the View of Optimization;
D. Kraft: On the Choice of Minimization Algorithm in Parametric Optimal Control Problems;
U. Mackenroth: Strong Duality. Weak Duality and Penalization for a State Constrained Parabolic Control Problem;
K. Malanowski: Finite Difference Approximations to Constrained Optimal Control Problems.

An der Konferenz beteiligten sich 55 Wissenschaftler (davon 36 aus der BRD und Westberlin, 10 aus Frankreich, 2 aus USA, 2 aus Österreich und je 1 aus Italien, Schweiz, Kanada, Niederlanden und VR Polen), die in ihrer überwiegenden Mehrzahl an mathematischen Forschungsinstituten und Hochschulen tätig sind. Das Studium der Vorträge setzt beim Leser ein Vertrautsein mit der modernen mathematischen Theorie der Optimierung und Optimalsteuerung voraus.

B 1550 *K. Reinschke*

Information Theory, Coding Theorems for Discrete Memoryless Systems. Von *I. Csiszár* und *J. Körner*. Budapest: Akadémiai Kiadó 1981. 452 Seiten, zahlr. Bilder.

Seit der Begründung der Informationstheorie durch *Shannon* sind eine Reihe von Büchern zu dieser Problematik erschienen. Das vorliegende Werk unterscheidet sich von diesen Darstellungen dadurch, daß es von den Grundlagen ausgehend jeweils den mathematischen Hintergrund betonend bis zu den Vielpol-Systemen fortschreitet. Dabei ermöglicht die bereits im Titel ausgewiesene Beschränkung auf die diskrete, gedächtnislose (stochastische) Modelle ein einheitliches Vorgehen.

Einleitend werden mathematische Modelle der Übertragungssysteme dargelegt und damit die Grundlagen zum Verständnis der anschließend behandelten Probleme gelegt. Dann werden im 1. Kapitel die Informationsmaße definiert und speziell die Quellenkodierung als wichtiges Problem näher betrachtet. Im 2. Kapitel stehen Systeme mit einem Ein- und Ausgang im Mittelpunkt. Die Ergebnisse für Kanäle mit Störungen haben bekanntlich großes Interesse für die Praxis. Der Abschnitt schließt mit der Einbeziehung von Kanälen mit willkürlich schwankenden Parametern. Das vom Umfang her größte Kapitel 3 ist den Vielpolsystemen bzw. -quellen und deren Kodierung gewidmet. Hier findet man die Ergebnisse von neueren Untersuchungen der 70er Jahre einschließlich des Autors selbst bis zur Behandlung von Kanalnetzwerken und Quellennetzwerken.

Jeder Abschnitt besteht jeweils aus einem Textteil und einem Problemteil, in dem — insgesamt über 300 — Ergebnisse zu speziellen Anwendungsfällen wiedergegeben sind. Im Vorwort findet man für Hochschullehrer nützliche Vorschläge zur Vermittlung des Stoffes in verschiedenen Vorlesungsreihen.

Bei einer 2. Auflage sollte vermieden werden, verschiedene Bilder mit gleicher Numerierung zu belegen.
Das Buch setzt beim Leser ein fundiertes mathematisches Grundwissen einschließlich von Kenntnissen in der Wahrscheinlichkeitstheorie voraus, wie sie ein Student selbstverständlich der Mathematik, aber auch der Physik, Elektrotechnik oder Computer-Wissenschaften bzw. Informatik nach Abschluß des Grundstudiums mitbringt. Es kann daher sowohl Lernenden als auch Fachleuten der obengenannten Gebiete empfohlen werden.

B 1554 *E.-G. Woschni*

Time-variant Discrete-time Systems. Von *G. Ludyk*. Hrsg. *I. Hartmann*. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH 1981. 127 Seiten, 11 Bilder.

Dem Ziel einer schnellen und dennoch tiefgründigen Information über neueste theoretische Ergebnisse bzw. umfassende praktische Anwendungen bekannter theoretischer Methoden dient die von *I. Hartmann* neu herausgegebene Buchserie „Advances in Control Systems und Signal Processing". Der dritte Band von *G. Ludyk* befaßt sich mit zeitveränderlichen zeitdiskreten linearen Regelungssystemen, die durch die verstärkte Anwendung der Mikrorechentechnik zur Lösung von Steuerungsaufgaben eine zunehmende Bedeutung erlangen.

Ausgehend von der Systembeschreibung durch Differenzengleichungen werden zunächst die Begriffe der Erreichbarkeit, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Rekonstruierbarkeit zeitveränderlicher zeitdiskreter Systeme eingeführt. Verschiedene, entsprechend diesen Eigenschaften vorgenommene Zerlegungen des Systems führen auf Normalformen der Modellgleichungen, auf deren Grundlage der Entwurf von Zustandsrückführungen kurz gestreift und die bekannten Ergebnisse zum Zustandsbeobachter für die hier behandelte Systemklasse verallgemeinert werden. Abschließend werden die Probleme der Störunterdrückung diskutiert. Der Band enthält hauptsächlich Ergebnisse des Autors aus den letzten fünf Jahren, die hier in einer geschlossenen Form zusammengefaßt sind.

Dem Ziel der Buchserie entsprechend ist die Darstellung auf das Notwendigste beschränkt. Von kleinen Zahlenbeispielen abgesehen, wurde auf Erläuterungen zu den angegebenen Definitionen und Sätzen fast vollständig verzichtet. Der Band ist für theoretisch interessierte Leser geschrieben, die über umfangreiche Kenntnisse bei der Behandlung von Mehrgrößensystemen im Zeitbereich verfügen und sich in kurzer Zeit über die Erweiterungen dieser Methode für zeitveränderliche zeitdiskrete Systeme informieren wollen.

B 1553 *J. Lunze*

Projection Methods in Constrained Optimisation and Applications to Optimal Policy Decisions. Von *B. Rustem*. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1981. 315 Seiten.

Der erste Teil des Buches (Kapitel 1 bis 4) beschäftigt sich mit der Begründung von Projektionstechniken zur Lösung von Optimierungsaufgaben mit Nebenbedingungen. Das Kapitel 1 liefert einen vereinheitlichten Zugang zur Ableitung von Projektionstechniken und stellt bekannte Projektionsverfahren für die nichtlineare Optimierung im Zusammenhang dar. Das Kapitel 2 beschäftigt sich mit der Ermittlung zulässiger Lösungsvektoren in linear beschränkten Bereichen. Im Kapitel 3 wird ein neuer Algorithmus zur Lösung positiv definiter quadratischer Optimierungsprobleme diskutiert. Das Kapitel 4 behandelt einen Algorithmus der nichtlinearen Optimierung bei linearen und nichtlinearen Nebenbedingungen, wobei die Konvergenzgeschwindigkeit ausführlich studiert wird.

Im zweiten Teil des Buches werden Projektionstechniken angewandt, um eine optimale Entscheidungspolitik zu finden (policy optimisation). Dazu wird im Kapitel 5 ein neuer Zugang zur Ermitlung einer geeigneten Zielfunktion formuliert. Das Kapitel 6 behandelt Policy-Optimierungs-Algorithmen für große nichtlineare ökonometrische Modelle. In einem kurzen 7. Kapitel werden Anregungen für weiterführende Forschungsarbeiten gegeben. Ein nach Kapiteln geordnetes Literaturverzeichnis schließt das Buch ab.

Das Werk stellt eine mathematisch wohlfundierte Monographie dar. Zu allen Aussagen werden ausführliche mathematische Beweise angegeben. Die meisten Kapitel bringen zur Abrundung größere Beispiele, die bis zu Zahlenergebnissen durchgerechnet werden. Für Leser mit ausreichender mathematischer Vorbildung ist das Buch gut lesbar. Es stellt eine wertvolle Bereicherung der Fachliteratur auf diesem Gebiet dar.

Die textliche und grafische Gestaltung des Buches sind sehr gut.

B 1550 *K. Reinschke*

Grundlagen der Regelungstechnik. Mathematische Beschreibung, Verhalten, Stabilität, Entwurf linearer und einfacher nichtlinearer Regelungen. Von *G. Schmidt*. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1982. 310 Seiten, 152 Bilder, 22 Tafeln, 62 Beispiele.

Dieses Buch ist aus Vorlesungen hervorgegangen, die über viele Jahre im 5. Semester für Studenten der Elektrotechnik und des Maschinenbaues zur Einführung in die Regelungstechnik gehalten wurden. Es zeigt deshalb die Hand eines pädagogisch erfahrenen Hochschullehrers, der durch seine Veröffentlichungen und seine Vorträge auf mehreren Internationalen Kolloquien der TH Ilmenau auch vielen Regelungstechnikern in der DDR kein Unbekannter ist.

Die thematische Auswahl und die Tiefe der Behandlung entsprechen etwa denen der Vorlesungen, die in der DDR für Fachrichtungen der Elektrotechnik — außer der Fachrichtung Technische Kybernetik/Automatisierungstechnik — gehalten werden. Nach einer phänomenologischen und begrifflichen Einführung werden in einem ansprechenden Kapitel die mathematische Beschreibung von Übertragungsgliedern und deren analytische Modellbildung dargestellt. Hierbei bedient sich der Autor der Analogien zwischen elektrischen Systemen einerseits und hydraulischen, pneumatischen, thermischen bzw. mechanischen Systemen andererseits. Danach werden die grundsätzlichen Eigenschaften der Kreisstruktur verständlich gemacht und auf die Auswahl von Reglern sowie auf den Aufbau von Reglern angewendet. Auch die digitale Realisierung der bekannten analogen Regleralgorithmen wird diskutiert.

In einem weiteren Kapitel werden nach einer vereinfachten Einführung des Stabilitätsproblems verschiedene Verfahren zur Stabilitätsprüfung erläutert. Es folgen Verfahren zur Bemessung von Eingrößenregelungen sowie Hinweise zur möglichen Verbesserung des Regelungsverhaltens durch Aufschaltung von Störgrößen und Hilfsregelgrößen. Das Buch schließt mit einigen grundlegenden Ausführungen über nichtlineare Regelungen: über Mehrpunktregelungen und die Methode der Beschreibungsfunktion und ihre Anwendung zur Analyse von Grenzschwingungen.

Für die Verwendung als Lehrbuch zur Ausbildung der Fachrichtung Technische Kybernetik an Hochschulen, wo mit einer Einführung bereits im 1. bzw. 2. Studienjahr begonnen wird, ergeben sich einige Probleme. Einerseits sind einige noch nicht verfügbare mathematische Grundlagen (z. B. Laplace-Transformation) nur als Anwendungsanleitungen zusammengestellt, andererseits bedürften viele der dargestellten Probleme einer Vertiefung bzw. Ergänzung. Der Zustandsbegriff wird nur kurz angesprochen. Somit stellt sich die Frage, verschiedene Themen gleich beim ersten Mal umfassender zu behandeln. Es soll auch nicht verschwiegen werden, daß einige regelungstechnische Bezeichnungen in der DDR und der BRD unterschiedlich sind oder gar unterschiedliche Bedeutung haben. Für das Verständnis des Buches bildet das allerdings kein wesentliches Hindernis. Das Buch kann somit insbesondere Ingenieuren anderer Fachrichtungen zur Einführung in die Regelungstechnik empfohlen werden.

B 1594 *K. Reinisch*

6. Wissenschaftliche Konferenz der Ingenieurhochschule Mittweida

Unter dem Motto „Elektroniktechnologie und Mikroelektronik — wesentliche Faktoren des wissenschaftlich-technischen Fortschritts" veranstaltet die IH Mittweida vom 8. bis 10. September 1982 ihre 6. Wissenschaftliche Konferenz.
Zu folgenden Gebieten werden Übersichts- und Kurzvorträge gehalten:

- Gesellschaftswissenschaften (Entwicklung der Produktivkräfte in der DDR unter besonderer Berücksichtigung der Elektronikindustrie; Fragen der weltanschaulichen Bildung und Erziehung der sozialistischen Intelligenz)
- Informationstechnik (rechnergestützte Vermittlungstechnik; optische Informationsübertragung; Systeme zur Steuerung technischer Prozesse; elektronische Prüf- und Meßtechnik)
- Elektroniktechnologie (Verfahren und Ausrüstungen im elektronischen Gerätebau; Prozeßtechnologie/Zuverlässigkeit; Lasertechnologie).

Auskünfte erteilt das Organisationsbüro der Konferenz an der IH Mittweida, 9250 Mittweida, Platz der DSF 17, Telefon: 58-350.

Postgradualstudium „Einsatz der Prozeß- und Mikrorechentechnik in der Chemieindustrie"

Bei diesem Studium handelt es sich um die Weiterentwicklung der bereits dreimal erfolgreich durchgeführten Postgradualstudien „Prozeßrechentechnik" bzw. „Einsatz der Prozeß- und Mikrorechentechnik in der Chemieindustrie".
Das Postgradualstudium „Einsatz der Prozeß- und Mikrorechentechnik in der Chemieindustrie" ist vorwiegend für Hoch- und Fachschulabsolventen einer ingenieurtechnischen Grundstudienrichtung, vor allem des Verfahreningenieurwesens, der Informationsverarbeitung, der Informationstechnik bzw. verwandter Richtungen, vorgesehen, die keine Ausbildung auf dem Gebiet der Prozeß- und Mikrorechentechnik erhalten haben bzw. noch nicht über langjährige und umfangreiche Berufserfahrungen auf diesem Gebiet verfügen.
Zur Gewährleistung eines effektiven Einsatzes von Prozeß- und Mikrorechnern sollen den Teilnehmern des Postgradualstudiums eine Reihe von Kenntnissen, Erkenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten auf den für die beruflichen Tätigkeiten erforderlichen Wissensgebieten mit Grundlagen- und Querschnittscharakter vermittelt werden. Diese Wissensgebiete gehen teilweise stark über das Profil der früher absolvierten Hoch- und Fachschulausbildung hinaus.
Es stehen folgende Gebiete im Mittelpunkt:

- Prozeß- und Mikrorechentechnik als Automatisierungsmittel im gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß
- Theoretische Grundlagen und Modelle kontinuierlicher und diskreter Systeme
- Grundlagen der digitalen Schaltungstechnik
- Aufbau, Arbeitsweise und technische Charakterisierung von Mikrorechnersystemen
- Echtzeitprogrammierung
- Prozeßanalyse und Identifikation
- Module zur Lösung von Aufgaben der Informationsverarbeitung und Steuerung
- Einsatzvorbereitung, Applikation und Betrieb von Mikrorechentechnik.

Durch dieses Programm sollen die Absolventen in die Lage versetzt werden, den Einsatz von Mikrorechnern zu planen, vorzubereiten und durchzuführen. Der Einsatz der Absolventen kann in Einsatzkollektiven für Mikrorechner und in diese Rechner nutzenden Fachabteilungen erfolgen.
Voraussetzung für die Teilnahme am Postgradualstudium sind Hoch- oder Fachschulabschluß in einer oben genannten Fachrichtung.
Das Postgradualstudium wird als Fernstudium mit 6 zweiwöchigen Seminarkursen am Hochschulort durchgeführt und mit Prüfungen und einer Abschlußarbeit beendet. Es beginnt im November 1982 und dauert 2 Jahre.
Bewerbungen und Anfragen sind bis 15. September 1982 zu richten an die Technische Hochschule „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg, Direktorat für Erziehung, Aus- und Weiterbildung, 4200 Merseburg, Geusaer Straße, Telefon: 46-2330.

VII. Problemseminar ASUTP

Vom 10. bis 14. Januar 1983 führt die TU Dresden, Weiterbildungszentrum Mathematische Kybernetik, Rechentechnik und Informationsverarbeitung, unter der Leitung von Prof. Dr. *Stahn* (TU Dresden) und Prof. Dr. *Schönefeld* (TH Ilmenau) im TU-Heim Gaußig (Krs. Bautzen) das o. g. Seminar durch. Es soll ein Erfahrungsaustausch zwischen Vertretern betrieblicher Arbeitskollektive und Kollektiven aus dem Hoch- und Fachschulbereich zu folgenden Schwerpunkten sein:

- Simulationstechnik als modernes Arbeitsmitel und als Arbeitsgegenstand
- Anwendung der Simulationstechnik zur Analyse und Projektierung von Steuerungssystemen diskreter technologischer Prozesse
- Simulationstechnik als Element von Echtzeit-, Planungs- und Steuerungssystemen diskreter technologischer Prozesse
- Steuerungssysteme für die Kleinserienfertigung im Maschinenbau und in der Elektronik
- Parallelverarbeitung und Prozesse mit verteilter Intelligenz.

Interessenten wenden sich bitte bis 15. Oktober 1982 an:
Dr.-Ing. *E. Schmidt*, TU Dresden, Sektion Informationsverarbeitung, 8027 Dresden, Mommsenstr. 13.

4. Symposium Maritime Elektronik

Die Sektion Elektronik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock führt am 21. und 22. April 1983 in Verbindung mit einer Festveranstaltung „30 Jahre Ausbildung in Elektrotechnik und Elektronik in Rostock" das o. g. Symposium durch.
Wie auf den vorangegangenen Symposien sollen mit Experten des In- und Auslandes Erfahrungen über wissenschaftlich-technische Probleme der Elektrotechnik und Elektronik in der Meeresforschungstechnik ausgetauscht werden. Beiträge zu folgenden Arbeitsgebieten sind vorgesehen:

- Maritime Meßelektronik
  - Meßwandler und Sensoren
  - Meßverfahren
  - Meßwertverarbeitung
  - Automatisierte Meßsysteme
  - Meßsysteme für Industrieroboter
- Maritime Energieelektronik
  - Leistungselektronische Steller
  - Regelungsstrukturen
  - Energieoptimale Steuerung
  - Modellbildung und Identifikation

Anfragen und Teilnahmemeldungen sind zu richten an:
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Technische Elektronik, 2500 Rostock 1, Albert-Einstein-Str. 2.

Computer von Leningrad und Budapest zusammengeschlossen

Die in den Computern Leningrads und Budapests gespeicherten wissenschaftlichen Informationen stehen künftig den Forschungszentren beider Städte zur Verfügung. Eine experimentelle Linie zur Übertragung der gespeicherten Daten zwischen dem Leningrader Forschungszentrum der AdW der UdSSR und dem „elektronischen Gehirn" des Budapester Forschungsinstituts für Rechentechnik und Automatisierung ist in Betrieb genommen worden. Dadurch wird unter anderem eine verbesserte Zusammenarbeit der sowjetischen und un-

garischen Experten an einheitlichen Programmen für Industrieroboter gewährleistet, die im Rahmen eines Koordinierungsplans der RGW-Staaten erfolgt. Beim Betrieb der Linie soll außerdem die Rechentechnik getestet werden, die von sowjetischen und ungarischen Fachleuten für das internationale Rechnernetz der Wissenschaftsakademien der sozialistischen Länder entwickelt wird.

(ADN-BWT (18) 1494-5b)

Er entdeckte die Thermoelektrizität

Am 10. Dezember 1881 starb in Berlin der Entdecker der Thermoelektrizität, *Thomas Seebeck*. 1770 in Reval (Tallinn) geboren, interessierte er sich schon sehr früh für die Naturwissenschaften. Nach einem Medizinstudium in Berlin und Göttingen schloß er sich in Jena einem Kreis romantischer Naturphilosophen an, deren wissenschaftliche Interessen sein künftiges Schaffen nachhaltig beeinflußten. Anknüpfend an die Entdeckung des Elektromagnetismus durch *Hans Christian Oersted* (1820) stieß er beim Studium magnetischer Erscheinungen „bei Fortsetzung der Untersuchungen über das gegenseitige Verhalten der elektrischen, chemischen und magnetischen Tätigkeiten in den galvanischen Ketten auf Erscheinungen, welche anzudeuten schienen, daß auch wohl zwei Metalle für sich, kreisförmig miteinander verbunden, ohne Mitwirkung eines feuchten Leiters magnetisch werden möchten" (da er in den magnetischen Erscheinungen das Ursprüngliche sah, sprach er noch nicht von Thermoelektrizität). *Seebeck* hatte bei seiner Entdeckung eine Wismut- und eine Kupferscheibe unmittelbar aufeinander gelegt und die Drahtenden mit der Hand an die Ablenkspule eines Nadelgalvanometers gedrückt. Dabei zeigte es sich, daß die Nadel des Galvanometers immer dann ausschlug, wenn eine der Kontaktstellen mit der Hand berührt und dadurch erwärmt wurde. Damit war die Urform unserer heutigen Thermoelemente gefunden, und schon *Thomas Seebeck* konnte nachweisen, daß die Intensität dieser Thermoelektrizität sowohl von der Größe der Temperaturdifferenz als auch von der Art und Beschaffenheit der miteinander zu verbindenden Metallpaare abhängt.

(ADN-BWT (18) 1487-2a)

Feuchtemeßverfahren der TH Ilmenau praxiswirksam

Ein neues Feuchtemeßverfahren ist seit 1980 im VEB Elektrokeramische Werke Sonneberg im Dreischichtbetrieb im Einsatz. Dieses Feuchtemeßverfahren, das nach dem Prinzip der Neutronenbremsung arbeitet, wurde von Wissenschaftlern der TH Ilmenau entwickelt. Damit wurde erstmals in der Keramikindustrie der DDR ein kontinuierliches Meßverfahren eingesetzt, das die hohen Anforderungen an die Meßgenauigkeit erfüllt.

Eine weitere Forschungsarbeit für diesen Betrieb befaßt sich mit der Feuchtemessung von Isolatoren während des Trocknungsprozesses. Die bisher eingesetzten Taupunktfühler sind für Messungen in Trockenkammern wenig geeignet und fallen oft nach kurzer Betriebszeit wieder aus. Deshalb werden gegenwärtig Verfahren erprobt, die für den Dauerbetrieb dieses technologischen Prozesses geeignet sind.

(ADN-BWT (19) 1498-3a)

Roboter für Schwerarbeit unter extremen Bedingungen

Die Vereinigten Flugtechnischen Werke (VFW) in Bremen/BRD haben einen Roboter entwickelt, der in einem außerordentlich großen Temperaturbereich (von klirrender Kälte bis zu +900 °C), in staubreicher Umgebung und bei Erschütterungen präzise arbeitet, millimetergenau zugreift und Werkstücke bis zu 200 kg heben kann. Es handelt sich dabei um einen elektrisch getriebenen Transferautomaten vom Typ E 404. Er eignet sich besonders für die Ofenbeschickung mit zentnerschweren glühenden Schmiedeteilen, großflächigem Glas oder Blöcken mit ungehärteten Ziegelsteinen. Der Antriebsbereich ist durch einen Hitzeschild geschützt, und die Motoren und Getriebe sind gegen Staubeinwirkung gekapselt. Die Steuerung ist durch einen Zusatzspeicher für häufigen Programmwechsel ausgelegt.

(ADN BWT (18) 1482, 7c)

msr ABBONNEMENT 1983

Hinweis für unsere ausländischen Leser

Bitte erneuern Sie rechtzeitig Ihr Abonnement für die Fachzeitschrift „messen · steuern · regeln", damit Sie sich für 1983 wieder den Bezug aller Ausgaben sichern.
Wir freuen uns, daß Sie auch weiterhin zu den regelmäßigen Lesern unserer Publikation gehören.

*

Не забудьте заблаговременно продлить подписку на журнал „messen · steuern · regeln" на 1983 год, чтобы исключить перебои в получении всех номеров журнала в течение всего года.
Мы рады, что вы и дальше будете регулярными читателями нашей публикации.

Please renew your subscription to the journal „messen · steuern · regeln" in time, in order to provide again the delivery of all issues of the 1983 volume.
We are glad, that you will belong to the readers of our periodical in future, too.

*

Nous vous prions de renouveler à temps l'abonnement à votre périodique professionel „messen · steuern · regeln" pour s'assurer de la réception de toutes les éditions en 1983.
Nous réjouissons, que vous seriez encore notre lecteur.

KURZFASSUNGEN

Draeger, U.; Ahlbehrendt, N.: IA 2.3.1.0.

Geschwindigkeitsregelung durch Schätzung des Taktes einer additiv verrauschten Mäanderfoge

msr **25** (1982) H. 8, S. 422–427

Das Problem der Geschwindigkeitsregelung kann auf das Problem der Regelung des Taktes einer Mäanderfolge zurückgeführt werden. Es wird das Problem der Schätzung des Taktes T einer additiv verrauschten Mäanderfolge behandelt und ein einfacher Algorithmus für die Regelung des Taktes einer Mäanderfolge mit stochastisch schwankender Bitlänge angegeben. Schätzwerte für $\hat{T}$ werden über eine Hypothesentestung aus integralen Meßgrößen abgeleitet.

Buchta, H.; Behrens, B.: IA 2.6.1.

Parameterschätzung bei nichtlinearen statischen Modellen mit impliziter Struktur

msr **25** (1982) H. 8, S. 427–431

Die herkömmliche Minimierung der Fehlerquadratsumme (MKQ) führt bei nichtlinearen statischen Modellen mit impliziter Struktur zu systematischen Verzerrungen der geschätzten Parameter. Deshalb werden für diese Modellklasse modifizierte MKQ-Verfahren vorgeschlagen, an konkreten Beispielen erprobt, deren Wirksamkeit nachgewiesen und Anwendungsempfehlungen gegeben.

Bernhard, F.; Noack, G.: IA 2.6.2.2.; 3.2.3.1.

Berechnung des Temperatur-Übergangsverhaltens einfacher, inhomogener Körper

msr **25** (1982) H. 8, S. 434–439

Über einfache Algorithmen, die sich für programmierbare Taschen- bzw. Kleinrechner eignen, werden die Vorhalt- und Trägheitszeitkonstanten der Übertragungsfunktionen und die Amplitudenkoeffizienten der Übergangsfunktionen für beliebige Knoten einer n-gliedrigen RC-Kette angegeben. Damit kann mit ausreichender Näherung das dynamische Verhalten mehrschichtiger (inhomogener) zylindrischer Berührungsthermometer berechnet werden. Das Verfahren eignet sich auch zur Modellierung thermischer Ausgleichsvorgänge in anderen inhomogenen Körpern, solange von einem eindimensionalen Wärmetransport ausgegangen werden kann.

Sommer, K.; Heinze, D.: IA 3.2.4.4.

Prinzip der geheizten Taupunktmeßfühler und deren Realisierungsmöglichkeiten

msr **25** (1982) H. 8, S. 439–444

Im Beitrag wird das Funktionsprinzip der geheizten Taupunktmeßfühler anhand der Modellstruktur beschrieben. Für die Realisierung der Taupunktmeßfühler werden technische Aufgaben formuliert, deren Lösung zu Varianten führt, die hauptsächlich nach der Art der Heizung und nach dem Änderungsbereich der Wassermasse auf dem Fühler systematisch geordnet sind. Die einzelnen Gruppen werden an ausgewählten Beispielen erläutert.

Schwadtke, D.; Platz, W.-W.: IA 4.1.4.

Betrachtungen zur Methodik der Zuverlässigkeitsarbeit an der Automatisierungstechnik der 500-MW-Blockeinheiten

msr **25** (1982) H. 8, S. 444–450

Der hohe Stellenwert der Automatisierungstechnik an einem 500-MW-Baustein setzt eine möglichst uneingeschränkte Zuverlässigkeit der eingesetzten Automatisierungsgeräte und -anlagen voraus. Zur Gestaltung und Erhaltung dieser zuverlässigkeitsrelevanten Gebrauchseigenschaften bedarf es einer straffen Organisation der Zuverlässigkeitsarbeit. Eine mögliche und praxiswirksame Methodik zur Realisierung dieser Organisation wird mit diesem Beitrag dargestellt.

Bemmann, H.-B.: IA 6.3.

Anwendung der diskreten Zeitsimulation zur Berechnung der Zuverlässigkeit komplizierter Systeme

msr **25** (1982) H. 8, S. 450–452

Im Beitrag werden wesentliche Verfahrensschritte für die Anwendung der diskreten Zeitsimulation erläutert. Bei Verwendung des stochastischen Modells entstehen im Ergebnis der Simulation Zeitreihen des Erneuerungsprozesses, daraus sind die statistischen Kenngrößen berechenbar. Aus der Zeitreihe sowohl des Ausfall- als auch des Instandsetzungsprozesses kann die jeweilige Verteilungsfunktion berechnet werden.

РЕЭЮМЕ

Draeger, U.; Ahlbehrendt, N.: ИА 2.3.1.0.

Регулировка скорости путем оценки такта прямоугольной последовательности с аддитивными шумами

msr **25** (1982) № 8, стр. 422–427

Проблема регулировки скорости может быть сведена к проблеме регулировки такта прямоугольной последовательности. Рассмотрена проблема оценки такта T прямоугольной последовательности с аддитивными шумами и указан простой алгоритм регулировки такта прямоугольной последовательности со стохастически изменяющейся длиной бита. Выведены значения оценки – для T на основе испытания гипотезы из интегральных измеряемых величин.

Buchta, H.; Behrens, B.: ИА 2.6.1.

Оценка параметров при нелинейных статических моделях с неявной структурой

msr **25** (1982) № 8, стр. 427–431

Традиционная минимизация суммы квадратичных погрешностей приводит при нелинейных статических моделях с неявной структурой к систематическим искажениям оцененных параметров. По этой причине для данного класса моделей предложены модифицированные способы суммы квадратичных погрешностей, проверены на конкретных примерах, доказана их эффективность и указаны рекомендации по применению.

Bernhard, F.; Noack, G.: ИА 2.6.2.2.; 3.2.3.1.

Расчет переходной характеристики температуры простых неоднородных тел

msr **25** (1982) № 8, стр. 434–439

При помощи простых алгоритмов, пригодных для программируемых карманных или минивычислительных машин, указаны постоянные времени дифференцирующего звена и инерции функций передачи и амплитудные коэффициенты переходных функций для любых узлов резистивно-ёмкостной цепи с элементами п-типа. Таким образом с достаточным приближением возможно рассчитывать динамическую характеристику многослойных (неоднородных) цилиндрических контактных термометров. Способ также и пригоден для моделирования термических уравнительных процессов в других неоднородных телах, как только возможно исходить из одномерной теплопередачи.

Sommer, K.; Heinze, D.: ИА 3.2.4.4.

Принцип нагреваемых чувствительных элементов точки росы и их возможности реализации

msr **25** (1982) № 8, стр. 439–444

В статье описан принцип действия нагреваемых чувствительных элементов на основе структуры моделирования. Для реализации чувствительных элементов точки росы сформулированы технические задания, решение которых приводит к вариантам, которые, в основном, систематизированы по виду нагрева и по диапазону изменения массы воды на чувствительном элементе. Отдельные группы пояснены на основе выбранных примеров.

Schwadtke, D.; Platz, W.-W.: ИА 4.1.4.

Соображения о методике работы надежности в области техники автоматизации блоков 500 МВт

msr **25** (1982) № 8, стр. 444–450

Высокое значение техники автоматизации в блоке 500 МВт предполагает по возможности безограниченную надежность применяемых приборов и установок автоматизации. Для оформления и соблюдения этих надежно-релевантных потребительских свойств требуется четкая организация работы надежности. Указана возможная и эффективная на практике методика для реализации этой организации.

Bemmann, H.-B.: ИА 6.3.

Применение дискретного моделирования времени для расчета надежности сложных систем

msr **25** (1982) № 8, стр. 450–452

В статье пояснены важные технологические этапы для применения дискретного моделирования времени. При применении стохастической модели в результате моделирования возникают ряды времени процесса возобновления, из которых возможно расчитывать статистические показатели. Из ряда времени как процесса отказов, так и процесса восстановления возможно расчитывать соответствующую функцию распределения.

SUMMARIES

Draeger, U.; Ahlbehrendt, N.: IA 2.3.1.0.

Speed Feedback Control by Estimating the Clock Cycle of a Rectangular Sequence Containing Additive Noise

msr 25 (1982) No. 8, pp. 422—427

The problem of the speed feedback control may be reduced to the problem of controlling the clock cycle of a rectangular sequence. The authors deal with the estimation of the clock cycle in the case of additive noise and present a simple algorithm for the clock cycle control of a rectangular sequence with stochastically changing bit length. Clock cycle estimation values are derived from integral measurement quantities by means of a hypothesis test.

Buchta, H.; Behrens, B.: IA 2.6.1:

Parameter Estimation with Nonlinear Static Models of Implicit Structure

msr 25 (1982) No. 8, pp. 427—431

The usual squared error sum minimization leads to systematic distortions of the estimated parameters with nonlinear static models of implicit structure. Therefore, for this model class, the authors propose modified minimization methods, prove their efficiency by means of concrete examples and derive recommendations for application.

Bernhard, F.; Noack, G.: IA 2.6.2.2.; 3.2.3.1.

Calculation of the Temperature Transient Behavior of Simple Inhomogeneous Solids

msr 25 (1982) No. 8, pp. 434—439

By use of simple algorithms suited for programmable pocket or minicomputers the derivative and inertia time constants of the transfer functions and the amplitude coefficients of the unit step responses are defined for any nodes of a n-piece RC chain. With this, the dynamic behavior of multi-layer inhomogeneous cylindrical contact thermometers may be calculated with sufficient approximation. Provided that one-dimensional heat transport is to be considered the method may also be used for modeling thermic transient phenomena in other inhomogeneous solids.

Sommer, K.; Heinze, D.: IA 3.2.4.4.

On the Principle of Heated Dew Point Sensors and Their Realization Possibilities

msr 25 (1982) No. pp. 8, 439—444

The authors describe the functional principle of the heated dew point sensors by means of the model structure. For the realization of the dew point sensors they formulate technical problems the solution of which leads to variants systematically ordered in particular accordingly to the type of heating and to the alteration range of the water mass on the sensor. The individual groups are explained by means of selected examples.

Schwadtke, D.; Platz, W.-W.: IA 4.1.4.

Considerations on the Methodology of Reliability Work in the Automation of the 500 MW Power Station Units

msr 25 (1982) No. 8, pp. 444—450

The great importance of the automation equipment for a 500 MW unit requires a very high reliability of the applied automation devices. For assuring such reliability characteristics an excellent organization of the reliability work is needed. In this contribution the authors represent a possible and practicable methodology for realizing this organization.

Bemmann, H.-B.: IA 6.3.

Application of the Discrete Time Simulation for Calculating the Reliability of Complicated Systems

msr 25 (1982) No. 8, pp. 450—452

In this contribution the author explains essential working steps for applying the discrete time simulation. By use of the stochastic model, as simulation result one obtains time series of the renewal process from which the statistical indices may be calculated. From the time series of the failure and repair processes the corresponding distribution functions are obtained.

RÉSUMÉS

Draeger, U.; Ahlbehrendt, N.: IA 2.3.1.0.

Le réglage de vitesse par l'estimation du cycle d'horloge d'une séquence rectangulaire contenant du bruit additif

msr 25 (1982) No. 8, pp. 422—427

Le problème du réglage de vitesse peut être réduit à celui-là du réglage du cycle d'horloge d'une séquence rectangulaire. Les auteurs traitent l'estimation du cycle d'horloge en cas du bruit additif et présentent un simple algorithme pou rle réglage du cycle d'horloge d'une séquence rectangulaire dont la longueur en bit change stochastiquement. Les valeurs estimées pour le cycle d'horloge sont dérivées à partir de grandeurs intégrals de mesure à l'aide d'un test d'hypothèse.

Buchta, H.; Behrens, B.: IA 2.6.1.

L'estimation paramétrique près de modèles statiques non linéaires à structure implicite

msr 25 (1982) No. 8, pp. 427—431

L'usuelle minimisation de la somme d'erreurs carrées conduit à des distorsions systématiques des paramètres estimés en cas de modèles statiques non linéaires à structure implicite. C'est pourquoi, pour cette classe de modèle, les auteurs proposent des méthodes modifiées de minimisation, prouvent leur efficacité à l'aide de concrets exemples et dérivent des recommandations pour l'emploi.

Bernhard, F.; Noack, G.: IA 2.6.2.2.; 3.2.3.1.

Le calcul du comportement transitoire de température de solides inhomogènes simples

msr 25 (1982) No. 8, pp. 434—439

A l'aide de simples algorithmes aptes aux mini-calculatrices ou calculatrices de poche programmables, les constantes de temps de dérivation et d'inertie des fonctions de transfert ainsi que les coefficients d'amplitude des réponses unitaires sont définies pour quelconques noeuds d'une chaîne RC composée de n parties. Avec cela, le comportement dynamic de thermomètres de contact cylindriques inhomogènes à plusieurs couches peut être calculé avec une approximation suffisante. En cas de la considération d'un transport de chaleur unidimensionnel, on peut utiliser la méthode aussi pour la modélisation de phénomènes transitoires thermiques dans autres solides inhomogènes.

Sommer, K.; Heinze, D.: IA 3.2.4.4.

Sur le principe de capteurs de point de rosée chauffés et leurs possibilités de réalisation

msr 25 (1982) No. 8, pp. 439—444

Les auteurs décrivent le principe fontionnel des capteurs de point de rosée chauffés à l'aide de la structure de modèle. Pour la réalisation des capteurs de point de rosée, ils formulent des problèmes techniques dont la solution conduit à des variantes qui sont systématiquement mises en ordre en particulier selon le type du chauffage et la gamme de changement de la masse d'eau sur le capteur. Les individuels groupes sont expliqués à l'aide d'exemples choisis.

Schwadtke, D.; Platz, W.-W.: IA 4.1.4.

Des considérations sur la méthodologie du travail de fiabilité dans l'automation des unités électriques à 500 MW

msr 25 (1982) No. 8, pp. 444—450

La haute importance de l'automation d'une unité électrique à 500 MW exige une fiabilité illimitée des dispositifs automatiques employés. Pour assurer une telle caractéristique de fiabilité il faut disposer d'une organisation excellente pour le travail de fiabilité. Dans cette contribution, les auteurs représentent une possible méthodologie practicable pour la réalisation de cette organisation.

Bemmann, H.-B.: IA 6.3.

L'emploi de la simulation de temps discrète pour le calcul de la fiabilité de systèmes compliqués

msr 25 (1982) No. 8, pp. 450—452

Dans cette contribution, l'auteur explique les pas de travail essentiels pour l'emploi de la simulation de temps discrète. En utilisant le modèle stochastique on obtient, comme résultat de la simulation, des séries temporelles du processus de renouvellement à partir desquelles des indices statistiques peuvent être calculés. Sur la base des séries temporelles des processus de défaillance et d'entretien, on peut calculer les correspondantes fonctions de distribution.

Bestellschein

Technik-Literatur

Die aufgeführten Bücher können Sie mit diesem Bestellschein im Inland beim örtlichen Buchhandel bestellen.

Expl.

Fertigungsgerechtes Gestalten in der Feingerätetechnik
Prof. Dr.-Ing. *Hildebrand*
Prof. Dr.-Ing. habil. *Krause*
2., stark überarbeitete Auflage, 320 Seiten,
276 Bilder, 123 Tafeln
Kunstleder 22,— M
Bestell-Nr. 5530902

Schiffsmaschinenbetrieb
Autorenkollektiv
Herausgeber: Dipl.-Ing. *Theremin*, Obering. *Röbke*
4., durchgesehene Auflage, 788 Seiten, 600 Bilder, 115 Tafeln,
Kunstleder 60,— M
Bestell-Nr. 5525951

Einführung in die Elektrotechnik
Prof. Dr.-Ing. *Clausnitzer*
8., durchgesehene Auflage, 380 Seiten, 407 Bilder, 18 Tafeln,
Kunstleder 28,— M
Bestell-Nr. 5526065 .....

Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure
Prof. Dr. *Krug* und Dr.-Ing. *Schönfeld*
1. Auflage, 358 Seiten, 200 Bilder, 45 Tafeln,
Kunstleder 34,— M
Bestell-Nr. 5528963 .....

Darüber hinaus können Sie alle in diesem Heft angezeigten und rezensierten Bücher des VEB Verlag Technik ebenfalls mit diesem Vordruck bestellen.

Expl.

.....

.....

.....

.....
Name, Vorname

.....
Anschrift mit Postleitzahl

.....
Datum

.....
Unterschrift

messen · steuern · regeln

Herausgeber	Kammer der Technik, Wissenschaftliche Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn dd
Verlagsdirektor	Dipl.-oec. *Herbert Sandig*
Redaktion	Dr.-Ing. *Dietrich Werner*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870362) Dipl.-Ing. *Dieter Herrmann*, Redakteur (Telefon: 2870374)
Lizenz-Nr.	1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
AN (EDV)	15936
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Gesamtherstellung	VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 5820 Bad Langensalza
	Umschlag — eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes Regelungstechnik e. V., Berlin
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, 1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201 Anzeigenpreisliste Nr. 7 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157 Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propagandit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing
ČSSR	PNS — Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Vinohradská 41, 12505 Praha PNS, Ústred na Expedicia Tlače, Gottwaldovo nám. 48,88419 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
VR Polen	C.K.P. i W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
SR Rumänien	Directia Generala a Postei şi Difuzarii Presei, Palatul Administrativ, Bucureşti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Ungarische VR	P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi
BRD und Berlin (West)	Brücken-Verlag GmbH, Ackerstraße 3, 4000 Düsseldorf 1; ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge
Schweiz	Genossenschaft Literaturvertrieb, Cramerstraße 2, 8004 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; und Leipzig Book Service, DDR-7010 Leipzig, Talstraße 29.

Annahmebedingungen

Die Redaktion veröffentlicht nur solche Beiträge, die noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes in dieser Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und die die Verfasser bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Annahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Redaktion nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme u. a. von Heften der Zeitschrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Beiträge vor. Beiträge müssen eine Kopie der Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes bzw. des Instituts enthalten.

Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 (Beilage) messen · steuern · regeln 1982 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine sofortige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift.

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst "Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] Mini- i mikro-EVM v upravlenii promyšlennymi ob'ektami (Mini- und Mikrorechner in der Steuerung von Industrieobjekten). Mašinostroenie. 3. Quart. 1982. NK-No. 51–81 (64).

[2] Izvestija Vsesojuznogo naučno-issledovatel'skogo instituta gidrotechniki. T. 151: Metody rešenija zadač energetičeskogo stroitel'stva s primeneniem EVM (Informationen des Allunions-Forschungsinstituts für Hydrotechnik. Band 151: Methoden zur Lösung von Aufgaben des Energiebauwesens mit Hilfe der EDV). Energoizdat. 3. Quart. 1982. NK-No. 51–81 (67).

[3] Matematika i techničeskaja kibernetika (Mathematische und technische Kybernetik). Mecniereba (Gruz SSR). 1. Quart. 1982 NK-No. 52–81 (47).

[4] *Pchovelišvili, M. G.:* Postroenie i primenenie dialogovych informacionno-logičeskich sistem (Entwicklung und Anwendung von informationell-logischen Dialogsystemen). Mecniereba (GruzSSR). 1. Quart. 1982. NK-No. 52–81 (49).

[5] Jazykovye processory i razpoznavanie reči (Sprachprozessoren und Erkennung der Rede). Mecniereba (GruzSSR). 2. Quart. 1982. NK-No. 52–81 (93).

[6] *Sariev, G. Dž.:* Problemy teorii mnogourovnevych sistem (Probleme der Theorie hierarchischer Systeme). Elm(AzSSR). 2. Quart. 1982. NK-No. 1–82 (26).

[7] *Abdullaev, A. A., Gzaev, T. G.:* Optimizacija operativnogo i kalendarnogo planirovanija v integrirovannych ASU (Optimierung der operativen Planung und der Kalenderplanung in integrierten ASU). Elm (AzSSR). 3. Quart. 1982. NK-No. 1–82 (40).

[8] Voprosy techničeskoj kibernetiki (Fragen der technischen Kybernetik). Elm (AzSSR). 2. Quart. 1982. NK-No. 1–82 (58).

[9] Matematičeskoe modelirovanie, issledovanie i optimizacija chimiko-techničeskich i neftepererabatyvajuščich processov (Mathematische Modellierung, Untersuchung und Optimierung von chemisch-technischen und erdölverarbeitenden Prozessen). Elm (AzSSR). 4. Quart. 1982. NK-No. 1–82 (59).

[10] *Vorob'ev, L. A.:* Avtomatizacija i dispetčerizacija v gorodskom chozjajstve (Automatisierung und Dispatchereinrichtungen in der Kommunalwirtschaft). Nauka i technika (BSSR). 1. Quart. 1982. NK-No. 2–82 (36).

[11] *Kozlov, V. V., Makaryčev, V. P., Jurevič, E. I.:* Dinamika upravlenija robotami (Dynamik der Steuerung von Robotern). Nauka. 4. Quart. 1983. NK-No. 2–82 (212).

[12] *Rezvan, V.:* Absoljutnaja ustojčivost' avtomatičeskich sistem (Absolute Stabilität automatischer Systeme). Nauka. 4. Quart. 1982. NK-No. 2–82 (227).

[13] Modeli i sistemy obrabotki informacii. Vyp. 1 (Modelle und Systeme der Informationsverarbeitung. Ausgabe 1). Izd-vo Kiev. un-ta. 2. Quart. 1982. NK-No. 5–82 (61).

[14] *Berezin, A. S.; Močalkina, O. R.:* Technologija i konstruirovanie integral'nych mikroschem (Technologie und Konstruktion integrierter Schaltungen). Radio i svjaz'. 2. Quart. 1983. NK-No. 5–82 (228).

[15] *Penin, P. I.; Filippov, L. I.:* Radiotechničeskie sistemy peredači informacii (Radiotechnische Systeme der Informationsverarbeitung). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 5–82.(234).

[16] *Pekelis, V. D.:* Kibernetičeskaja smes' (Kybernetisches Gemisch). Znanie. 2. Quart. 1982. NK-No. 5–82 (277).

[17] Soveršenstvuem upravlenie proizvodstvom (Vervollkommnen wir die Steuerung der Produktion). Mosk. rabočij. 4. Quart. 1982. NK-No. 6–82 (30).

[18] Voprosy matematičeskoj teorii nadežnosti (Fragen der mathematischen Zuverlässigkeitstheorie). Radio i svjaz'. 3. Quart. 1982. NK-No. 6–82 (54).

[19] *Kremer, I. Ja.; Pon'kin, V. A.; Kremer, A. I.:* Prostranstvenno-vremennaja obrabotka signalov (Räumlich-zeitliche Signalverarbeitung). Radio i svjaz'. 1. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (65).

[20] *Zaale, R.:* Spravočnik po rasčetu fil'trov (Nachschlagwerk zur Berechnung von Filtern. Übers. aus dem Engl.). Radio i svjaz'. 3. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (77).

[21] Integral'nye mikroschemy. Cifrovye i analogovye. Spravočnik (Integrierte Schaltungen. Digitale und analoge. Nachschlagwerk). Radio i svjaz'. 3. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (91).

[22] Kompleksnaja avtomatizacija sboročnogo proizvodstva cvetnych elektronno-lučevych trubok (Komplexe Automatisierung der Montage von farbigen Elektronenstrahlröhren). Radio i svjaz'. 2. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (92).

[23] *Elšin, Ju. M.:* Avtomatizirovannye rabočie mesta pri proektirovanii radioelektronnoj apparatury (Automatisierte Arbeitsplätze bei der Projektierung von radioelektronischen Geräten). Radio i sjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (98).

[24] *Romanov, F. I.; Šachnov, V. A.:* Konstrukcionnye sistemy mikro-EVM (Konstruktionssysteme für Mikrorechner). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (99).

[25] *Golovin, I. N.,* u. a.: Rasčet i optimizacii komplektov zapasnych elementov radioelektronnych sistem (Berechnung und Optimierung von Reserveelementen für funktechnische Systeme). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (104).

[26] *Gračev, A. A.:* Montaž i germetizacija integral'nych mikroschem (Montage und Abdichtung integrierter Schaltungen). Radio i svjaz'. 3. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (106).

[27] Mikroprocessornye BIS i makro-EVM (Mikroprozessoren und Großrechner). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (128).

[28] *Prochorov, Ju. N.:* Statističeskie modeli i rekurrentnoe predskazanie rečevych signalov (Statistische Modelle und rekursive Vorhersage von Sprachsignalen). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (131).

[29] *Smirnov, N. I.; Sirokov, V. B.:* Ocenka bezotkaznosti integral'nych mikroschem (Schätzung der Ausfallfreiheit integrierter Schaltungen). Radio i svjaz'. 1. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (140).

[30] *Degtjarenko, V. P.,* u. a.: Cifro-analogovye i analogo-cifrovye preobrazovateli (Digital-Analog- und Analog-Digital-Wandler). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (141).

[31] *Berzin, E. A.:* Optimal'noe raspredelenie resursov i teorija igr (Optimale Ressourcenverteilung und Spieltheorie). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (144).

[32] *Brachman, T. R.:* Mnogokriterial'nost' i vybor al'ternativ v technike (Mehrere Kriterien und Auswahl von Entscheidungen in der Technik). Radio i svjaz'. 2. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (146).

[33] *Volodin, S. V.,* u. a.: Obščesistemnoe proektirovanie ASU real'nogo vremeni (Allgemeine Systemprojektierung von ASU in Echtzeit). Radio i svjaz'. 3. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (147).

[34] *Vorob'ev, E. I., Kitov, A. I.:* Medicinskaja kibernetika (Medizinische Kybernetik). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1983. NK-No. 6–82 (148).

15936 8 159 549 964
APW
4011 7001 1003 SNAT 11

robotron

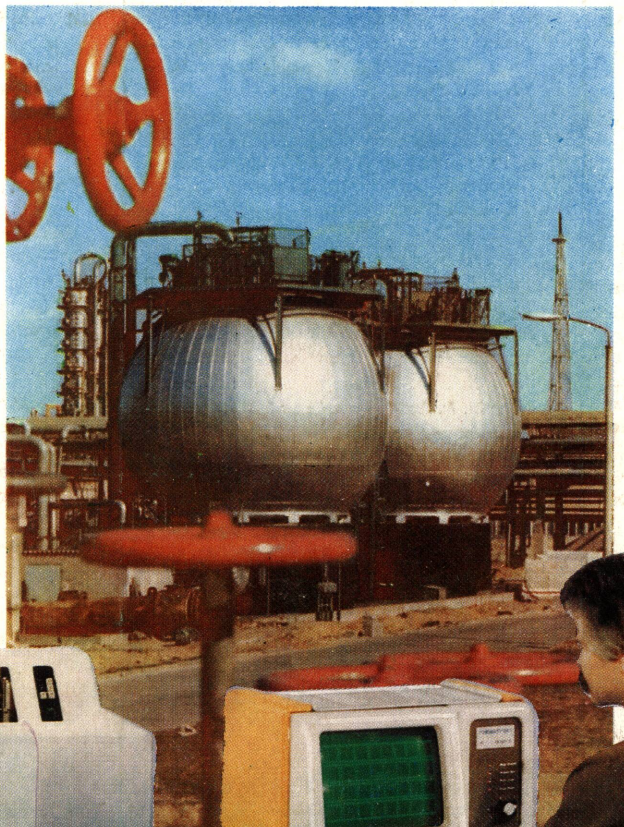
Kommerzielle Basisrechnersysteme A 6401 und A 6402

Das komplette System für die aktuelle und wirtschaftliche Lösung betriebswirtschaftlicher Probleme und die Prozeßüberwachung

VEB Robotron-Vertrieb
Berlin
DDR-1080 Berlin
Mohrenstraße 62

Exporteur:
Robotron Export-Import
Volkseigener
Außenhandelsbetrieb der
Deutschen Demokratischen
Republik
DDR-1080 Berlin
Friedrichstraße 61

Besuchen Sie uns bitte
auf der Leipziger Herbstmesse,
Halle 12.12



Das Kommerzielle Basisrechnersystem ist eine anwendungsbezogene Konfiguration leistungsfähiger Komponenten von Hard- und Software. Der Anwendungsfall in der Industrie, dem Handel, den Dienstleistungsbereichen und den öffentlichen Einrichtungen bestimmt die Ausstattung.

Dafür stehen zur Verfügung:

- die Zentraleinheiten K 1620 oder K 1630, auf der Basis eines modernen 16-bit-Mikroprozessors
- intelligente Bildschirmterminals für Nah- und Fernanschluß
- eine leistungsstarke Peripherie
  - verschiedene Druckertypen als Serien- oder Paralleldrucker
  - vielseitige externe Speicher als Platten- und Bandspeicher, als Floppy Disk und Kassettenmagnetbänder
- eine leistungsfähige Systemsoftware mit Betriebssystemen, Compilern und Interpretern, Dienst- und Hilfsprogrammen
- eine Auswahl problemorientierter Anwendungslösungen